

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-200296

(43)Date of publication of application : 18.07.2000

(51)Int.Cl.

G06F 17/50

(21)Application number : 11-001363

(71)Applicant : BABCOCK HITACHI KK

(22)Date of filing : 06.01.1999

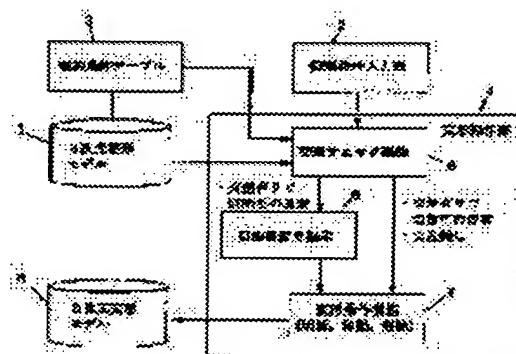
(72)Inventor : GOUKON SHIGERU
CHIJIMATSU MASAHIRO
TADAKUMA YUSUKE
WATANABE HIROYOSHI

(54) THREE-DIMENSIONAL MODEL DEFORMING OPERATION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform a highly reliable deforming operation without exerting any influence on the model shape of an equipment which is not deformed in the deforming operation for a three-dimensional model for plant facilitates, etc.

SOLUTION: The device is equipped with the three-dimensional model 1, a restriction condition table 2 in which conditions of whether respective elements of the three-dimensional model can be cut are registered, and a deformation condition input part 3 for inputting the deformation conditions of the three-dimensional model and comprises an intersection checking function part 5 which uses the three-dimensional model and the data of the restriction condition table to carry out an intersection check on a cutting surface and an element inputted from the deformation condition input part, a cutting surface changing function part 6 which changes the cutting surface when the intersection checking function part judges an 'element which has an intersection and can not be cut', and a deforming operation function 7 which performs deforming operation when the checking function part 5 judges the 'element which has the intersection and can be cut' and 'no intersection' and perform the operation after changing the surface to a cutting-possible surface by the cutting surface changing function part 6.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 3 次元モデルと、前記 3 次元モデルの各要素の切断可否条件を登録する制約条件テーブルと、前記 3 次元モデルの変形条件を入力する変形条件入力部と、を備え、

前記 3 次元モデル及び前記制約条件テーブルのデータを用い、前記変形条件入力部から入力される切断面と前記要素の交差チェックを行う交差チェック機能部と、前記交差チェック機能部で「交差有りで切断否の要素」と判断されたときに切断面を変更する切断面変更機能部と、

前記交差チェック機能部で「交差有りで切断可の要素」及び「交差無し」と判断されたときに実行し、且つ前記切断面変更機能部で切断可の面に変更して実行する変形操作機能と、から構成される変形操作部を備えることを特徴とする 3 次元モデル変形操作装置。

【請求項 2】 3 次元モデルと、前記 3 次元モデルの各要素の切断可否条件を登録する制約条件テーブルと、前記 3 次元モデルの変形条件を入力する変形条件入力部と、を備え、

前記 3 次元モデル及び前記制約条件テーブルのデータを用い、前記変形条件入力部から入力される切断面と前記要素の交差チェックを行う交差チェック機能部と、前記交差チェック機能部で「交差有りで切断否の要素」と判断されたときに、前記要素を切断面と交差しない位置に移動する要素移動機能部と、

前記交差チェック機能部で「交差有りで切断可の要素」及び「交差無し」と判断されたときに実行し、且つ前記要素移動機能部で切断可の面に変更して実行する変形操作機能と、から構成される変形操作部を備えることを特徴とする 3 次元モデル変形操作装置。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 に記載の 3 次元モデル変形操作装置において、

前記変形条件入力部から入力される切断面の位置を指定範囲内で前後に動かし、切断否の要素が無くなるか又は最小限になるように修正する切断最適位置補正機能部を前記交差チェック機能部の入力側に設けることを特徴とする 3 次元モデル変形操作装置。

【請求項 4】 請求項 1、2 または 3 に記載の 3 次元モデル変形操作装置において、

対象とする 3 次元モデルが配管ラインの場合、前記変形操作機能部での切断処理後の配管サポート点の間隔をチェックし、指定範囲より間隔が狭い又は間隔が広すぎる部分を抽出して表示させるモデル矛盾チェック機能部を前記変形操作機能部の出力側に設けることを特徴とする 3 次元モデル変形操作装置。

【請求項 5】 請求項 1、2 または 3 に記載の 3 次元モデル変形操作装置において、

前記変形操作機能部での切断処理実行後の 3 次元変形モデルの位相関係に矛盾が生じた部分を抽出して表示させ

るモデル矛盾チェック機能部を前記変形操作機能部の出力側に設けることを特徴とする 3 次元モデル変形操作装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラント設備の 3 次元 CAD に係わり、特に、対象モデルの任意の箇所を一括に変形する場合に好適な 3 次元モデル変形操作装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の 3 次元 CAD におけるモデルの変形操作には以下のものがある。

(1) パラメトリック機能

特定の形状の各寸法に変数を指定し、その変数の値を変えることにより図形を変形させる。例えば、形状が同じで大きさの異なるものに適用される。

【0003】 (2) プリミティブ (基本図形)

3 次元モデルの代表的な表現方法に B-r e p (境界表現) 法と C S G 法 (基本図形) があり、これらの基本図形として、例えば、直方体、球、円柱、円錐、…といった標準モデル (基本図形) が使用されている。各寸法が変数となっており、その値を変えることにより、大きさを自由に变化させることができる。

【0004】 (3) 3 次元モデラー

代表的な機能に、集合演算と基本変形操作がある。集合演算は二つのモデル間で和、差、積の演算を繰り返すことでモデルを変形する。一方、基本変形操作は基本図形の任意の面の引き伸ばし、モデル縮小、任意の面及びモデルの切断、平面上での面の頂点の移動、モデル全体の移動などの機能を有する。以上述べた機能は、3 次元 CAD に組み込まれて使用されている。

【0005】また、本発明の実施形態に近い公知例として、特開平 8-44777 号公報と、特開平 4-90063 号公報と、特開平 5-298415 号公報が挙げられる。

【0006】特開平 8-44777 号公報は、3 次元形状モデル間の干渉を判定し、干渉が有る場合に干渉形状のサイズ、干渉を回避するための変更値、或いは、変更可能範囲などの干渉形状の情報を表示する。その干渉形状の情報をを用いて、部品形状の変更や部品形状の移動を入力装置から指示し、干渉の回避を行うことを目的とする干渉チェック装置である。

【0007】また、特開平 4-90063 号公報は、2 次元図形要素に奥行き寸法の属性データを付加し、2.5 次元モデルに変換した演算により両図形間の距離を求め、図形相互の干渉を調べることを目的とする 2 次元 CAD システムにおける 3 次元的干渉チェック方法及びその装置である。

【0008】また、特開平 5-298415 号公報は、図形要素の集まりで構成される図形データの生成におい

10

20

30

40

50

て、複数種の図形要素の連続的且つお互いに所望の位置関係に配置する手順の簡易化を図ることを目的とした図形処理方法及び装置であり、詳しくは、図形データによる図形と図形要素の種類に応じたアイコンを記憶する図形データ記憶手段と、それを表示装置に表示する演算部を有し、座標入力装置からの指示により前記アイコンの選択と移動を指示する。そして、演算部によりアイコン移動先の表示する。そして、演算部によりアイコン移動先の表示図形、画面属性及び選択されたアイコンに対応する図形とを図形データ記憶手段及び画面属性記憶手段から検索し、さらにそれに基づき新たな図形要素を図形データ記憶手段に生成するものである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】前記従来技術は、変形操作を行う上ではモデルの特性、例えば材質、機能などは一切考慮されていない。即ち、切断では、モデルの属性が果物、ダイヤモンド、ボイラプラントなどに係わらず何でも切断してしまう特性がある。したがって、前記従来技術をそのまま用いて、3次元CADに構築したボイラプラント等の雛形モデルに変形操作を加えてしまうと、切断したくないモデルも全て同一条件で切断されてしまう。

【0010】例えば、任意の平面でボイラモデルを切断し、その切断部分を一定の方向に引き伸ばしたモデルを作成する際に、切断処理にモデルの特性が考慮されていないとバルブ、ポンプ、モータなどの購入品も全て変形対象になる。そのための解決策として、切断面を段階状にし切断したくない要素モデルを避けるように指定する方法や、又は基盤の目のように領域を持つ面で高さが異なる切断面を用いる方法も考えられるが、切断面の形状が複雑すぎて指定するのに時間がかかり実用的ではない。

【0011】そこで、本発明は、3次元モデルを構成する要素に対して、切断面との交差状態に応じて切断可否の制約条件を設けて、切断否の場合、どの部分で切断可かを予め設定しておき、切断面と切断否の要素が交差する場合、この要素のみに関し、切断可の面に変更できる3次元モデル変形操作装置の提供を第1の目的としている。

【0012】また、本発明は、切断面と切断否の要素が交差する場合に、この要素を切断面と交差しない位置に移動しつつ、切断処理を実行する3次元モデル変形操作装置の提供を第2の目的としている。

【0013】また、本発明は、切断面の位置を指定範囲内で前後に動かし、切断否の要素が無くなるか又は最小限になるように修正し、切断処理を実行することを特徴とする3次元モデル変形操作装置の提供を第3の目的としている。

【0014】また、本発明は、対象モデルが配管ラインの場合は、切断処理後配管サポート点の間隔をチェック

し、指定した範囲より間隔が狭い又は間隔が広すぎる部分を自動的に抽出し、表示装置に表示することを特徴とする3次元モデル変形操作装置の提供を第4の目的としている。

【0015】また、本発明は、切断処理実行後、位相関係に矛盾が生じた部分（例えば1つの配管ラインが2つに分割され位相的なつながりが無くなった部分）を、表示装置に表示することを特徴とする3次元モデル変形操作装置の提供を第5の目的としている。

【0016】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明は主として次のような構成を採用する。

【0017】3次元モデルと、前記3次元モデルの各要素の切断可否条件を登録する制約条件テーブルと、前記3次元モデルの変形条件を入力する変形条件入力部と、を備え、前記3次元モデル及び前記制約条件テーブルのデータを用い、前記変形条件入力部から入力される切断面と前記要素の交差チェックを行う交差チェック機能部と、前記交差チェック機能部で「交差有りで切断否の要素」と判断されたときに切断面を変更する切断面変更機能部と、前記交差チェック機能部で「交差有りで切断可の要素」及び「交差無し」と判断されたときに実行し、且つ前記切断面変更機能部で切断可の面に変更して実行する変形操作機能と、から構成される変形操作部を備える3次元モデル変形操作装置。

【0018】また、3次元モデルと、前記3次元モデルの各要素の切断可否条件を登録する制約条件テーブルと、前記3次元モデルの変形条件を入力する変形条件入力部と、を備え、前記3次元モデル及び前記制約条件テーブルのデータを用い、前記変形条件入力部から入力される切断面と前記要素の交差チェックを行う交差チェック機能部と、前記交差チェック機能部で「交差有りで切断否の要素」と判断されたときに、前記要素を切断面と交差しない位置に移動する要素移動機能部と、前記交差チェック機能部で「交差有りで切断可の要素」及び「交差無し」と判断されたときに実行し、且つ前記要素移動機能部で切断可の面に変更して実行する変形操作機能、から構成される変形操作部を備える3次元モデル変形操作装置。

【0019】また、前述した2つのそれぞれの3次元モデル変形操作装置において、前記変形条件入力部から入力される切断面の位置を指定範囲内で前後に動かし、切断否の要素が無くなるか又は最小限になるように修正する切断最適位置補正機能部を前記交差チェック機能部の入力側に設ける3次元モデル変形操作装置。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施形態に係る3次元モデル変形操作装置について、図1、図2、図6～図25を用いて以下説明する。

【0021】図1は、本発明の実施形態の3次元モデル

変形操作装置の構成図を示し、図 2 は、その機能ブロック図を示す。図 1 に示す 3 次元モデル変形操作装置は、CRT などの出力装置 20 と、マウス 22 やキーボード 23 からなる入力装置 21 と、ハードディスク (HD) などの記憶装置 24 と、PC (パソコン) や EWS からなる処理装置 25 と、プログラムや一時データ等を記憶するメモリ 26 と、から構成される。

【0022】図 2 の機能ブロック図に示す、3 次元雛形モデル 1 と、制約条件テーブル 2 と、3 次元変形モデル 8 は、前記 HD 装置などの記憶装置 24 で実現する。変形条件入力部 3 は、入力装置 21 のマウス 22 やキーボード 23 からなる。また、変形操作部 4 は、記憶装置 24 に格納され、実行時に記憶装置 24 からメモリ 26 に読み出され、処理装置 25 によって動作する。

【0023】ここで、3 次元雛形モデル 1 は、図 8 ～ 図 10 に示すプラント設備のモデルを示し、図 11 に示す形式で、記憶装置 24 に格納されている。また、制約条件テーブル 2 は、切断面とモデルの交差状態と切断可否等の情報を図 13 に示す形式で、記憶装置 24 に格納されている。この情報は 3 次元雛形モデルを作成した時に、予め作成しておくデータである。

【0024】次に、本実施形態の動作手順の概要について図 2 の機能ブロック図を用いて説明する。まずはじめに、変形条件入力部 3 から変形条件として、例えば一つの無限平面 SF (切断面)、変形量及び引き伸ばす、縮めるといった変形種別を入力する。その入力された変形条件は変形操作部 4 内の交差チェック機能 5 に渡される。この交差チェック機能 5 は、入力された変形条件と、3 次元雛形モデル 1 及び要素ごとに切断可否が登録されている制約条件テーブル 2 を用いて、切断面とモデルの交差チェックを行う。

【0025】その結果、対象要素が切断否で交差有りと判断された時は、切断面変更機能 6 で切断面が変更された後、変形操作機能 7 を行い、ここで切断、移動及び削除などの処理が実行され、最終目的の 3 次元変形モデル 8 が作成される。一方、交差チェック機能 5 で対象要素が切断可で交差有りと判断されたものと、交差無しと判断されたものは、そのまま変形操作機能 7 の処理を実行し、前記で述べた処理が実行される。

【0026】次に、本実施形態で対象としているモデルの一括変形操作を、図 6 の (1)、(2) に示すボイラプラントモデルの変形条件と変形操作の一例を用いて、その概要を説明する。

【0027】図 6 (1) の (a) の一括変形は、入力として一つの無限平面 SF (基準面＝切断面) と、変形量及び「縮小」、「引き伸ばし」といった変形種別を用いる。変形方向は前記切断面 SF の法線ベクトルの方向で示す。(イ) に示す変形種別が「縮小」の場合は、切断面 SF を境に変形方向 (図では下方向) に変形量だけモデルが縮められる、(実際には縮められる部分は削除さ

れる。) それに伴って、切断面 SF の法線ベクトルの方向と逆側にあるモデル (図では切断面 SF の上側のモデル) も一緒に同一方向に変形量だけ移動される。

【0028】一方、(ロ) に示す変形種別が「引き伸ばし」の場合は、切断面 SF で切断されるモデルの切断面を変形方向 (図では上側) に変形量だけ引き伸ばす。

(引き伸ばす部分の形状は切断面部と同じ) これに伴って、法線ベクトル側にあるモデルも一緒に同一方向に移動される。例えば、この方法はボイラ廻りの機器の配管、配管レイアウト時に、建屋の柱配置寸法などが変更になった際に、モデルの一括変更ができる。

【0029】次に、(b) の一括変形は、基準面を任意の点を通る複数面で指定する。その他のパラメータ及び変形処理は前記の一括変形と同様である。例えば、この方法はボイラの伝熱面を変えないで未燃分の発生を防止するときや、ボイラの燃焼ガス温度 (例えば FEGT) が高すぎる際に、パーナやアフタエアポートがある火炉壁の高さなどを調整するとき簡単にモデル変更ができる。

【0030】次に、図 6 (2) の (c) の指定領域の変形は、2 つの頂点で変形領域を指定する。前記した一括変形と異なる点は、変形対象が領域内のみである。変形処理そのものは前記と同様である。例えば、この方法は排ガス温度が高くなり過ぎるためにケージ部に受熱管を追設する際に、ケージ部の高さを調整するとき簡単にモデル変更できる。

【0031】なお、以下の詳細説明で使用する切断面 SF と要素の交差関係を表現する用語として、要素の位置が切断面 SF に対して「外」、「内」、「貫通交差」、「接触交差」とは、図 7 に示すように対象要素が切断面 SF の法線ベクトル方向にあり、しかも切断面 SF から完全に離れた位置にある場合は「外」、対象要素が切断面 SF の法線ベクトルと反対側にあり、しかも切断面 SF から完全に離れた位置にある場合は「内」、対象要素が切断面 SF を貫通 (接触は除く) している場合は「貫通交差」、対象要素が切断面 SF と接触している要素は「接触交差」と表現する。また、「交差無し」とは前記の「外」と「内」を示し、「交差有り」とは「貫通交差」と「接触交差」を示す。

【0032】次に、本実施形態の各構成部分の相互関係及び作用について以下の順番で説明する。

(1) 実施形態で共通点に用いる 3 次元雛形モデル及び制約条件の一例

(2) 一括変形の「引き伸ばし」操作

(3) 一括変形の「縮小」操作

〔(1) 本実施形態で共通的に用いる 3 次元雛形モデル及び制約条件の一例〕まず初めに、本実施形態で用いる、図 8 ～ 図 11 に示す 3 次元雛形モデル (プラント設備のモデル)、及び図 13 に示す制約条件の一例を説明する。これらの情報は、本発明に係る図 2 の機能ブロッ

ク図の3次元離形モデル1と、制約条件テーブル2に対応する。以下、その詳細を説明する。

【0033】図8は3次元離形モデルの鳥瞰図の一例、図9(a)はその平面図を、図9(b)はその側面図を、図10(a)は図9(a)の平面図の機器類(モータ、ポンプ、バルブ)などの複雑な形状をボックス形状で簡単に表現した簡易モデルである。図10(b)の側面図も同様に簡易モデルである。それぞれの図中の長円で囲んだ番号は、モデルの要素番号を示す。なお、後述する変形操作の交差チェックでは、処理を高速にするためにこの図10のモデルを使用する。

【0034】これらの3次元情報は、図2に示す機能ブロック図の3次元離形モデル1に、図11に示すテーブルの形態で記憶されている。テーブルが(a)要素タイプ:BOXの場合と、(b)要素タイプ:NODEの場合と上下に二つに分かれている理由は、説明をわかりやすくするためであり実際は同一テーブルである。図11(a)のテーブルには要素タイプがBOXに属するモータ、ポンプ及びバルブ等の機器類が、また(b)のテーブルには要素タイプがNODEに属する配管A~Cの配管類が登録されている。両者のテーブルの左側から要素No.、品名及び要素タイプの3項目は共通であり、その他の項目は要素タイプに応じて異なる。要素タイプがBOXの場合は、前記した3項目以外に、基準座標(BOXの中心V1の実空間での位置)、BOXサイズ(l、h、w)などが登録されている。

【0035】なお、本実施形態では説明を簡単にするために説明に関係のない項目は省略してあるが、実際には前記以外の項目として、材質や、設計条件(圧力、温度など)や、型式や、実物の形状情報などで構成される。一方、要素タイプがNODEの場合は、前記した3項目以外に、配管の曲がり点(NODE)の座標列を記憶するものとして、基準座標V0、相対座標v1、相対座標v1+1、...vnが記憶されている。ここで基準座標V0は配管の始まりを示し、実空間での位置(全体座標)で示している。その他のv1~vnは前の座標点からの相対座標で示している。

【0036】以上のような3次元離形モデルの場合には、図2に示す機能ブロック図の制約条件テーブル2に図13に示す制約条件のデータを予め作成、登録しておく。制約条件は要素No.と、交差状態と切断可否と、切断否の場合の切断面の移動方法から構成されている。要素No.はモデルの要素番号に対応する。交差状態と切断可否は、切断面と要素の交差状態に応じて、貫通交差と接触交差ごとに切断可否のデータを持つ。×が切断否、○が切断可を示す。切断否のものは隣にある切断否の場合の切断面の移動方法が指定されている。

【0037】[(2)一括変形の「引き伸ばし」操作]以上で説明したモデル及び制約条件を用いて、図2に示す機能ブロック図の変形操作部4の各機能の動作内容を、

図14に示す変形条件の①を用いて、まず初めに図6(1)(a)に示す(ロ)の「引き伸ばし」操作について説明する。

【0038】図14の①の変形条件は、切断面SFは法線ベクトルが(1, 0, 0)で原点(0, 0, 0)を通る平面である。これらのデータはキーボード23から直接数値を入力するか、又はマウス22で出力装置20に表示されている切断対象モデル(本実施形態では3次元離形モデル1)の頂点を利用して、平面は3つの頂点で指定し、面の向きは面上以外の任意の1点を指定することで簡単に入力できる。変形量の1500はキーボード23から、また、図中に示していない変形種別は、CRT上に「引き伸ばし」、「縮小」の選択ボタンを用意しマウス22で選択することで入力する。

【0039】これらの変形条件データは、図2の変形条件入力部3を介して変形操作部4に渡される。その変形操作部4の処理は、図15に示す処理フローに基づき動作する。説明は、まず初めに変形操作部4の全体の処理流れを説明し、その後で各機能の詳細を述べる。

【0040】変形操作部4の処理は、前記変形条件入力部3を介して渡された変形条件を基に、切断面SFと要素の交差チェックを行う交差チェック機能(ステップ100)が実行され、結果は変形タイプとして出力される。その変形タイプがSF_MOVE(詳細は後述する)かどうか判定し(ステップ101)、Yesの場合は、切断面の変更を伴う交差なので、切断面変更機能(ステップ102)が実行される。そして、その結果は前記と同様に変形タイプとして出力される。

【0041】その変形タイプがM_NONEかどうか判定し(ステップ103)、Yesの場合は、変形操作する要素が無いので次の要素の処理に移る。Noの場合は変形操作機能(ステップ104)が実行される。一方、ステップ101で「No」の場合は、切断面の変更を必要としない交差なので、ステップ102、103をパスし、変形操作機能(ステップ104)が実行される。以上、ステップ100からステップ104の処理は全要素に対して行われる(ステップ105)。以上が変形操作部4の全体の処理流れである。

【0042】次に、前記フローのステップ100の交差チェック機能、ステップ102の切断面変更機能、そしてステップ104の変形操作機能の詳細を、図16~図18に示す処理フローを用いて説明する。

【0043】まず図16の処理フローで交差チェック機能を説明する。本機能では、切断面SFと図11に示す3次元離形モデルの要素のいずれか一つと交差チェックが行われる。なお、この交差チェックで用いる要素は、上流処理(図15)より図11に示す要素No.で渡される。まず初めに、要素No.を基に図11に示す要素タイプを判定し(ステップ200)、要素タイプが「BOX」のものはステップ201の処理を、また、「NO

10

20

30

40

50

DE」のものはステップ202が実行される。即ち、図11に示す3次元雄形モデルでは、要素No.が001, 002, 004の機器類は「BOX」に、また、要素No.が003, 005, 006の配管類は「NODE」に該当する。

【0044】前記ステップ200で「BOX」と判定されたものは、切断面SFと要素の交差判定をBOX形状で行う(ステップ201)。例えば、切断面SFが図14に示す①の変形条件の場合の各要素との交差状態は、要素No.が001のモータの場合は、BOXの基準座標(-1300, 0, 0)とBOXサイズ(500, 600, 500)からBOXの各頂点を算出し、その各頂点と切断面SFとの関係から、図7に示す交差関係が求められる。その結果、要素No.が001のモータは「内」、要素No.が002のポンプは「貫通交差」、要素No.が004のバルブAは「外」となる。なお、交差状態の判定処理そのものは公知であり、ここでの説明は割愛する。

【0045】一方、ステップ200で「NODE」と判定されたものは、切断面SFと要素の交差判定は直管単位(ノード間単位)で行う(ステップ202)。例えば要素No.003の配管Aの場合は、図11に示す基準座標V0(0, 500, 0)と相対座標のv1(0, 2000, 0)…を用いて、全体座標系でのV1~V3の曲がり点(ノード点)を求める(V0は元々全体座標系なので除外する)。求め方は、基準座標V0に各頂点の相対座標をそれぞれ加えることで求める。即ち、V1(0, 2500, 0)のノード点はV0(0, 500, 0)+v1(0, 2000, 0)、V2(0, 2500, 4000)はV1(0, 2500, 0)+v2(0, 0, 4000)、V3(3500, 2500, 4000)はV2(0, 2500, 4000)+v3(3500, 0, 0)となる。

【0046】以上で求めたノード点を用いて交差判定を行うが、前記したBOXの交差判定と異なる点は、NODEの場合には、各ノード間ごとに切断面SFとの交差判定を行い、その結果、全体で接触交差が一つでも含んでいる場合は、「接触交差」とし、接触交差がなく貫通交差が一つでも含んでいる場合は、「貫通交差」と判断する。例えば、要素No.が003の場合は、V0-V1、V1-V2、V2-V3の3つのノード間と切断面SFで交差判定を行う。

【0047】その結果、各ノード間の個々の交差判定は、V0-V1のノード間は、切断面SFの面内に含まれる位置に存在するので「接触交差」、V1-V2も同様に「接触交差」、V2-V3もV2の端点が切断面に接触するので「接触交差」と判断され、総合判定として接触交差を含んでいるので「接触交差」と判定される。なお、他の要素No.005と006は、両者とも切断面SFと交わらず、法線ベクトル方向にあるので「外」

と判定される。

【0048】以上のステップ201と202の交差判定の結果は、交差状態に応じて(ステップ203)、交差有りのものはステップ204, 206の、また、交差無しの場合はステップ208, 209の処理が実行される。

【0049】交差有りで「貫通交差」の要素は、図13に示す制約条件の該当要素No.の交差状態と切断可否のデータを用いて切断可否を判定する(ステップ204)。即ち、交差状態が「貫通交差」で切断可否が○(切断可)のものは、変形タイプをM_CUTに設定し(ステップ205)、また、ステップ204で交差状態が「貫通交差」で切断可否が×(切断否)のものは、半径タイプをSF_MOVEに設定し(ステップ207)、本処理を終了する。

【0050】例えば、要素No.002のポンプは、交差状態が「貫通交差」で制約条件の切断可否が×なので変形タイプはSF_MOVEが設定される。また、図14に示す切断面SF②では、要素No.003と006の配管が、交差状態が「貫通交差」で制約条件の切断可否が○なので変形タイプはM_CUTが設定される。

【0051】次に、ステップ203で交差有りで「接触交差」の要素は、前記と同様に、切断可否を判定し(ステップ206)、交差状態が「接触交差」で切断可否が○のものは、ステップ205の処理を、交差状態が「接触交差」で切断可否が×のものは、ステップ207の処理を行う。例えば、要素No.003の配管Aは、交差状態が「接触交差」で制約条件の切断可否が×なので変形タイプはSF_MOVEが設定される。

【0052】一方、ステップ203で交差無しと判断された要素で交差状態が「外」のものは、変形タイプをM_HOLDに設定し(ステップ208)、また、交差状態が「内」のものは、変形タイプをM_MOVEに設定し(ステップ209)、本処理を終了する。例えば、要素No.001のモータは、交差状態が「内」なので変形タイプはM_MOVEが設定される。また、要素No.004のバルブA、005の配管B及び006の配管Cは、いずれも交差状態が「外」なので変形タイプはM_HOLDが設定される。

【0053】ここで、変形タイプとは、要素に対する処理方法を示したものであり、M_CUTは該当要素を切断、SF_MOVEは該当要素のみ切断面の移動、M_HOLDは該当要素の現状維持、M_MOVEは該当要素を移動することを意味する。

【0054】次に、図15の処理フローのステップ102の切断面変更機能を、図17の処理フローに基づいて説明する。本処理は前記した交差チェック機能で、変形タイプがSF_MOVEと設定された要素について実行される。例えば、要素No.002のポンプ及び003の配管Aが該当する。

【0055】本処理では、前記の交差チェック機能の交差状態のデータと要素No.を用いて、図13に示す制約条件から切断否の場合の切断面SFの移動方法を判定し（ステップ300）、その移動方法が「ボックスサイズ+ α 」の場合はステップ301を、また、「+ α 」の場合はステップ302の処理を実行する。

【0056】切断面SFの移動方法が「ボックスサイズ+ α 」の場合は、切断面SFの位置を変形方向にボックスサイド（ボックスの端）から+ α 移動する（ステップ301）。例えば、要素No. 002のポンプが、交差状態が「貫通状態」で切断否の要素なので、図13に示す制約条件からこの処理に該当する。ここでボックスの端とは、該当要素のボックスの各頂点の中で切断面SFの法線ベクトルの方向、即ち変形方向で一番遠い頂点を示す。計算方法は、例えば切断面SFとボックスの交差チェックを行い、切断面SFの「外」に存在するすべての頂点を見つけ、その頂点と切断面SFとの垂直線を求め、その中から一番長い垂直線の頂点を選択する。

【0057】なお、ボックスの端は前記の交差チェック機能のステップ201のBOXの交差判定時に同時に求めておくこと二重手間が省ける。要素No. 002のボックスの端は、ボックスの位置及びサイズが図11に示す基準座標（0, 200, 0）とBOXサイズ（1200, 1000, 700）であり、切断面SFは図14に示す①の変形条件、即ち法線ベクトル（1, 0, 0）、原点（0, 0, 0）を通る平面であるから、この場合は切断面SFがx軸に平行なので単純にボックスのx方向の最大値を採用すればいいので、 $1200/2=600$ （基準座標がBOXサイズを中心なのでx方向の1/2）となる。

【0058】また、+ α は該当要素から任意の距離で切断に最適な位置を指定する。例えば、該当要素に接続される要素がある場合には、その要素の切断に最適な位置、即ち「貫通交差」となる位置、また、隣接要素が離れている場合には、隣接要素との中間点（交差無し的位置）などを指定する。通常50～100位を設定すれば良い。したがって、要素No. 002の場合は、+ α を100とすると、切断面SFの移動後の切断面SF'は、+x方向に600+100移動した地点となる。なお、ここでは+ α は切断面SFの方向に関係なく1種類

【0059】一方、ステップ300で切断面SFの移動方法が「+ α 」の場合は、切断面SFの位置を変形方向に+ α 移動する（ステップ302）。切断面SFの移動方法は、前記のステップ301のボックスの端の項目を除いたものと同様である。例えば、要素No. 003の配管Aが、交差状態が「接触交差」で切断否の要素なので、図13に示す制約条件からこの処理に該当する。こ

の要素の場合は、+ α を100とすると、切断面SFの移動後の切断面SF'は、+x方向に100移動した地点となる。

【0060】以上のステップ301及び302の処理後、移動後の切断面SF'で切断する要素sfを見つけるために、該当要素に接続されていて、しかも、切断面SFの「外」にある要素を見つける（ステップ303）。ここで、該当要素に接続されている要素は、通常、3次元モデルの場合は、要素と要素の接続関係を持っているので簡単に見つけることができる。本実施形態では公知例として割愛する。

【0061】なお、要素sfの数は、複数存在する場合がある。また、切断面SFとの交差チェックは、前述の図16の交差チェック機能の処理を用いれば容易に判断できる。次に、前記のステップ303で要素sfが見つかったかどうかの有無を判定し（ステップ304）、有りの場合は、変形タイプをSF_CUTに（ステップ305）、また、無しの場合は、変形タイプをM_NONEに設定し（ステップ306）、処理を終了する。例えば、要素No. 002のポンプの場合は、要素sfは要素No. 006の配管Cが抽出されるので、変形タイプはSF_CUTが設定される。

【0062】以上で述べた切断面変更機能が、本発明の中核となる部分であり、この機能を用いることにより、複雑なプラントモデルの一括変形でも、一つの無限平面（切断面）のみで指定できる。

【0063】次に、図15の処理フローのステップ104の変形操作機能を、図18の処理フローに基づいて説明する。まず初めに、前述までの処理で設定されている変形タイプの種別を判定し（ステップ400）、変形タイプがSF_CUTの場合はステップ401を、同様に、M_CUTはステップ403を、M_MOVEはステップ404を、M_HOLDはステップ405の処理をそれぞれ実行する。

【0064】即ち、変形タイプがSF_CUTの場合は、前記の図17の切断面変更機能で求めた移動後の切断面SF'と要素sfを用いて、移動後の切断面SF'で切断される要素sfの断面を、変形方向に（法線ベクトルの方向）に変形量だけ引き伸ばし、その結果を3次元変形モデル8に登録される（ステップ401）。例えば、要素sfに該当する要素No. 006の配管Cの場合は、図11に示すV0とV1の間が変形量1500だけx方向（変形方向＝法線ベクトル（1, 0, 0））に引き伸ばされる。

【0065】即ち、V1の相対座標（3000, 0, 0）が移動後は（4500, 0, 0）となる。ステップ401で出力する3次元変形モデル8は、図12に示すように図11に示した3次元離形モデルとほぼ同じ内容であり、異なる点は派生素素No. が増えている。この派生素素No. は「縮小」操作で生じるものであり、後

述の実施形態5で詳細に説明する。したがって、図12の下側の表の切断面SF(3)の範囲は実施形態5で説明する。なお、V2、V3は前の頂点からの相対座標なので変更は発生しない。この処理は要素sf数だけ繰り返される(ステップ402)。

【0066】また、変形タイプがM_CUTの場合は、切断面SFで切断される要素の断面を変形方向(法線ベクトルの方向)に変形量だけ引き伸ばし、その結果を3次元変形モデル8に登録される(ステップ403)。このステップ403の処理は、基本的にはステップ401と同様である。なお、図14の変形条件の切断面SF①では本変形タイプは発生しないが、切断面SF②では要素No. 003と006が該当する。

【0067】また、変形タイプがM_MOVEの場合は、要素を変形方向(法線ベクトルの方向)に変形量だけ移動し、その結果を3次元変形モデル8に登録される(ステップ404)。例えば、要素No. 004のバルブAは、図11に示す基準座標V1(3500, 2700, 4000)がx方向に1500だけ移動されて(5000, 2700, 4000)となる。また、要素No. 005の配管Bも同様に、基準座標V0(3500, 2500, 4000)が移動後(5000, 2500, 4000)となる。

【0068】また、変形タイプがM_HOLDの場合は、要素に変形処理を加えずにそのまま3次元変形モデル8に登録される(ステップ405)。例えば、要素No. 001のモータがこれに該当する。以上の各変形タイプごとの処理を実行後、本処理を終了する。

【0069】以上、一括変形の「引き伸ばし」操作を用いることにより、一無限平面と数個のパラメータでプラント設備等の3次元モデルの任意の位置での引き伸ばし操作が簡単に実現できる。

【0070】〔(3)一括変形の「縮小」操作〕次に、図6(1)(a)に示す一括変形の(イ)の「縮小」操作について、図19に示す「縮小」操作の変形操作部4の処理フローを用いて説明する。本処理は、前記で説明した「引き伸ばし」操作と同様の手順で処理が実行されるが、切断面を2つ(入力される切断面SFと切断面SFを変形量移動した地点の切断面の2つ)用いる点が大きく異なる。以下、その詳細を説明するが「引き伸ばし」操作と処理が同様の場合は、前記で説明したステップを参照することとし、「縮小」操作固有の処理を中心に詳細を説明する。まず初めに変形操作部4の全体の処理流れを説明し、その後で各機能の詳細を述べる。

【0071】変形操作部4の処理は、変形条件入力3を介して渡された変形条件を基に、切断面SFと変形量を用いて切断面SF1とSF2を作成する(ステップ500)。ここで、SF1は入力された切断面SFを、SF2は切断面SFを変形量だけ変形方向(法線ベクトルの方向)に移動した面を用いる。次に前記の2つの切断面

と要素の交差判定を行う交差チェック機能(ステップ501)が実行され、結果は各切断面SF_i(*i*=1, 2)に対する変形タイプが2つが出力される。

【0072】次に切断面SF_iの変形タイプがSF_MOVEかどうか判定し(ステップ502)、Yesの場合は、切断面SF_iの変更を伴う交差なので、切断面変更機能(ステップ503)が実行され、Noの場合は、ステップ503がスキップされる。以上のステップ502, 503は切断面SF1とSF2の2回繰り返される(ステップ504)。次に前記までに求めた変形タイプを用いて、該当要素が変形を必要とするかどうか調べる。即ち、SF1, SF2の変形タイプがM_NONE又はM_DELETEかどうか判定し(ステップ505)、Yesの場合は、変形操作する要素が無いので次の要素の処理に移る。Noの場合は変形操作機能(ステップ506)が実行される。以上、ステップ501からステップ506の処理は全要素に対して行われる(ステップ507)。

【0073】以上が「縮小」操作の変形操作部4の全体の処理流れである。次に前記処理フローのステップ501の交差チェック機能、ステップ503の切断面変更機能、そしてステップ506の変形操作機能の詳細を、図20～図23に示す処理フローを用いて説明する。

【0074】まず図20の処理フローで「縮小」操作の交差チェック機能を説明する。本機能では、切断面SF1, SF2の2切断面と図11に示す3次元雛形モデルの要素のいずれか一つと交差チェックが行われる。なお、この交差チェックで用いる要素は、上流処理(図19)より図11に示す要素No. で渡される。

【0075】まず初めに、要素No. を基に図11に示す要素タイプを判定し(ステップ520)、要素タイプが「BOX」のものはステップ521の処理を、また、「NODE」のものはステップ522が実行される。

【0076】前記ステップ520で「BOX」と判定されたものは、切断面SF_iと要素の交差判定をBOX形状で行う(ステップ521)。一方、ステップ520で「NODE」と判定されたものは、切断面SF_iと要素の交差判定は直管単位(ノード間単位)で行う(ステップ522)。なお、以上のステップ520から522の処理は、「引き伸ばし」操作の図16のステップ200から202の処理と同様であるが、「縮小」操作の場合は、前記ステップ520から522の処理は切断面数繰り返し(ステップ523)、切断面ごとに交差状態を求め、その交差状態を用いて切断面それぞれに対応した変形タイプを設定する(ステップ524)。変形タイプは、図24に示す2切断面と要素の関係から求める。

【0077】例えば、交差パターン1の場合は、前記した交差判定でSF1, SF2の両者が「内」となったケースであり、変形タイプは両者の切断面がM_MOVEと設定される。即ち、「縮小」操作はSF1の位置をS

F 2 の位置に持っていく操作なので、S F 1 の「内」側にある要素はすべて変形方向に移動する必要があることから、変形タイプをM_MOVEを設定している。また、交差パターン2の場合は、交差判定がS F 1 が「外」、S F 2 が「内」となったケースであり、この場合は2つの切断面に挟まれる要素は不要となり削除する必要があるので、変形タイプをM_DELを設定している。他も同様である。

【0078】なお、変形タイプが一つのものは、切断面S F 1 とS F 2 の変形タイプが同じものが設定される。10
また、切断面が一つしか記述されていない変形タイプは、もう一方の切断面の変形タイプには0（ゼロ）が設定される。

【0079】次の、図19に示す処理フローのステップ503の切断面変更機能は、前述の「引き伸ばし」操作の図17に示す処理フローと機能が全く同じである。異なる点は、対象とする切断面が、S F 1 又はS F 2 になるだけである。よって、説明は割愛する。

【0080】次に、図19の処理フローのステップ506の変形操作機能を、図21～図23の処理フローに基づいて説明する。処理は、交差状態が2切断面に関係あるかどうかで分かれる（ステップ540）。これは、前述で示した図24の2切断面と要素の関係から判断する。即ち、交差パターン1～7は1切断、8～11は2切断となる。したがって、1切断か2切断かの判断は、切断面のどちらか一方の変形タイプが0（ゼロ）であれば1切断、両方とも変形タイプが0でなければ2切断となる。したがって、1切断、即ち切断面S F 1 又は切断面S F 2 の何れか一方のみに関係する交差の場合は、交20
差状態が1切断の場合の処理に（ステップ541）。また、2切断、即ち両方の切断面に関係する交差の場合には、交差状態が2切断の場合に進む（ステップ542）。以下、前記2つの処理の詳細を説明する。

【0081】前記でステップ540で1切断と判断された場合は、図22に示す処理が実行される。まず初めに、前述までの処理で設定されている変形タイプの種別を判定し（ステップ560）、変形タイプがS F_CUTの場合はステップ561を、同様に、M_CUTはステップ569を、M_MOVEはステップ576を、M_HOLDはステップ577の処理をそれぞれ実行す40
る。

【0082】即ち、変形タイプがS F_CUTの場合は、前記の図17の切断面変更機能で求めた移動後の切断面S F' を用いて要素s f を切断する（ステップ561）。次に、対象切断面を判定し（ステップ562）、対象切断面がS F 1 の場合はステップ563を、また、S F 2 の場合はステップ566に進む。ここで、対象切断面とは、図19の「縮小」操作の変形操作部の処理フローのステップ502～504で切断面変更機能を処理する際に切断面S F 1 とS F 2 に対して行っており、こ50

の時に各切断面に対応する移動後の切断面S F' を記憶しておけば、対象切断面が分かる。

【0083】対象切断面がS F 1 の場合は、切断面の「外」側の切断された要素を削除し（ステップ563）、切断面の「内」側の切断された要素は変形方向に変形量だけ移動する（ステップ564）。その移動後の要素を3次元変更モデルに登録する（565）。

【0084】一方、対象切断面がS F 2 の場合は、切断面の「内」側の切断された要素を削除し（ステップ566）、残りの要素を3次元変更モデルに登録する（ステップ567）。以上、ステップ561～567は全要素s f 数繰返し（ステップ568）、本処理を終了する。

【0085】また、変形タイプがM_CUTの場合は、切断面S F i で要素を切断する（ステップ569）。次に、対象切断面を判定し（ステップ570）、対象切断面がS F 1 の場合はステップ571を、また、S F 2 の場合はステップ574に進む。対象切断面がS F 1 の場合は、ステップ571～573が、また、対象切断面がS F 2 の場合は、ステップ574、575が実行されるが、この処理は、前記の変形タイプがS F' のステップ563～565、及び566、567と同じである。

【0086】また、変形タイプがM_MOVEの場合は、要素を変形方向（法線ベクトルの方向）に変形量だけ移動し、その結果を3次元変形モデル8に登録される（ステップ576）。

【0087】また、変形タイプがM_HOLDの場合は、要素に変形処理を加えずにそのまま3次元変形モデル8に登録される（ステップ577）。前記の変形タイプM_MOVEとM_HOLDは、前述の「引き伸ばし」操作の図18のステップ404、405と同じである。

【0088】引き続き、ステップ542の交差状態が2切断の場合を図23に示す説明する。まず初めに、該当要素と変形操作する2つの切断面S F 1 1、S F 2 2を求める（ステップ600）。この2つの切断面の求め方は、図25に示す変形操作用切断面S F 1 1、S F 2 2の求め方のテーブルを用いて行う。このテーブルは、説明を分かり易くするために作成したものであり固定的なものではない。作成方法は、交差パターンについては、図24の2切断面と要素の関係の中から、2切断面に関係ある交差パターン即ち8～11を抽出し、切断面と変形タイプは、本実施形態を基に作成したものである。例えば、交差パターン8の切断面と変形タイプは、図24のテーブルより要素タイプがBOXの場合は、変形タイプM_DELとなり、図19の処理フローのステップ505の判定で除外されるため本変形操作機能は実行されない。

【0089】したがって、変形操作機能が実行されるケースは本実施形態ではNODEに固定されるので、図1

3の制約条件からNODEに属する配管は、交差状態が貫通交差の場合は切断可となることから、切断面SF 1、SF 2をM_CUTとなる。また、交差パターン9の切断面と変形タイプは、交差状態がSF 1、SF 2共に「接触交差」であり、やはり図24より要素タイプBOXの変形タイプがM_DELであるから、NODEのみが対象となる。

【0090】したがって、図24の変形タイプから、SF 1、SF 2共に変形タイプはSF_MOVEとM_CUTとなるが、SF_MOVEについては、さらに図19の処理フローのステップ503の切断面変更機能で切断面SF'で変形タイプがSF_CUT又はM_NONEになる場合があるので、SF 1、SF 2共に変形タイプがSF_CUT、M_NONE及びM_CUTとなっている。他の交差パターンも同様である。

【0091】したがって、例えば、交差パターン8のSF 11、SF 22は、図25の変形操作で用いる切断面より、SF 11はSF 1、SF 22はSF 1となる。また、交差パターン9は、SF 11はSF' 1かSF 1、SF 22はSF' 2かSF 2となる。以下の処理には、このSF 11、SF 22と一緒に該当する変形タイプも渡される。

【0092】まず、SF 11の変形タイプ≠M_NONEかどうか判定し(ステップ601)、Yesの場合は、その切断面SF 11で要素を切断する(ステップ602)。図左に示す要素のときは、左端が切断面SF 11で「内」と「外」に2分割される。また、Noの場合は、切断面SF 11が要素と交差しないのでステップ602をスキップする。引き続きSF 22に対しても同様に変形タイプ≠M_NONEかどうか判定し(ステップ603)、Yesの場合は、切断面SF 22で要素を切断する(ステップ604)。同じく図左に示す要素のときは、今度は右端が切断面SF 22で「内」、「外」に2分割される。また、Noの場合は、同様にステップ604をスキップする。なお、切断処理に関しては、公知例であり詳細は割愛する。

【0093】以上の処理で、図左に示す要素の場合は3分割にされる。そのうち、切断面SF 11とSF 22の間にある要素はモデルを縮小する際に不要となるので、削除する(ステップ605)。そして次に、切断面SF 11の「内」側にある要素を変形方向に変形量だけ移動する。そのとき、切断面SF 22の「外」側にある要素と、同一要素で、しかも切断形状及び位置が全て同じときは、2つの要素を合体させ、1つの要素にする(ステップ606)。条件に合わないときは合体させない。そして、移動後、削除されなかった要素を3次元変形モデルに登録する(ステップ607)。

【0094】以上、一括変形の「縮小」操作を用いることにより、前述した「引き伸ばし」操作と同様に設計者は、一無限平面と数個のパラメータを与えるだけで、プ

ラント設備等の3次元モデルの任意の位置での「縮小」操作が簡単に実現できる。

【0095】なお、以上の変形操作の説明では、図6(1)の(a)の一括変形を用いたが、(b)の一括変形の場合は切断面が複数平面になり、また図6(2)の(c)の指定領域の変形の場合は変形対象が領域内のみとなる点を除けば、その他の処理は(a)と同様である。さらに、前記説明はボイラプラントを例にしたが、化学プラント等の他の分野のプラントにも適用可能である。

【0096】[実施形態2]次に本発明の第2の実施形態を図2、図3、図13、図26により説明する。図3は本発明の一実施形態の3次元モデル変形操作装置の機能ブロックを示し、図26はその機能ブロックの変形操作部4の要素移動機能9の処理フローを示す。前記した実施形態1の図2の機能ブロックとの相違は、交差チェック機能5で「交差有りで切断否の要素」と判定されたとき実行する要素移動機能9のみである。

【0097】本実施形態は、切断面内に切断否の要素がある場合に、要素を切断面と交差しない位置に移動しつつ、切断処理を実行することで3次元モデル変形操作を簡単な操作で実現するものであり、切断面を移動対象にする前記した実施形態1とは逆の操作である。具体的には、実施形態1の図15に示した変形操作部の処理フローのステップ102を、図26に示す図3の機能ブロック図の要素移動機能9の処理フローに置き換えることで実現する。以下、実施形態2の固有の機能について図26の処理フローを用いて説明するが、説明の無い処理は実施形態1と同様である。

【0098】本実施形態を、実施形態1と同様の変形条件と3次元離形モデル1を用いて説明すると、本処理は実施形態1でも記載したように図15の交差チェック機能100で、変形タイプがSF_MOVEと設定された要素について実行される。例えば、要素No. 002のポンプ及び003の配管Aが該当する。

【0099】本処理は、前記の交差チェック機能の交差状態のデータ(変形タイプ)と要素No.を用いて、図13に示す制約条件から切断否の場合の切断面SFの移動方法を、要素の移動方法に置き換えて判定し(ステップ700)、その移動方法が「ボックスサイズ+α」の場合は、実施形態1では切断面SFを移動した分だけ、本処理では要素を変形方向とは逆方法に移動し(ステップ701)、また「+α」の処理も同様に行い(ステップ702)、そして変形タイプにM_HOLDを設定し本処理を終了する(ステップ703)。ここで、変形タイプをM_HOLDにする理由は、変形操作機能104で変形操作を加えないようにするためである。なお、本処理は説明を簡単にするために移動する要素は単独として扱っているが、例えば要素No. 002のポンプに003の配管Aが接続されているように、移動する要素に

他の要素が接続されている場合はその要素も一緒に移動させることも可能である。

【0100】以上の処理は、一括変形の「縮小」及び「引き伸ばし」操作の両者に対し適用することで、実施形態1と同様の効果が期待できる。

【0101】[実施形態3]次に本発明の第3の実施形態を図2、図4、図15、図27により説明する。図4は本発明の一実施形態の3次元モデル変形操作装置の機能ブロック図を示し、図27はその機能ブロック図の切断面最適位置補正機能10の処理フローを示す。

【0102】本実施形態は、図4の機能ブロックに示すように、前記した実施形態1の図2の機能ブロックの変形条件入力部3と変形操作部4の交差チェック機能5の間に、切断面の位置を指定範囲内で前後に動かし、切断否の要素が無くなるか又は最小限になるように修正する切断面最適位置補正機能10を設け、切断処理を実行することで、3次元モデル変形操作を最適な位置で実現するものであり、具体的には、実施形態1の図15に示した変形操作部の処理フローのステップ100の交差チェック機能の前に実行される。以下、実施形態3の固有の機能について図27の処理フローを用いて説明するが、説明の無い処理は実施形態1と同様である。

【0103】本処理は、図4の変形条件入力部3から入力される切断面SFを補正するものであり、その処理内容を図27の上部に示す。左側は切断面SF補正前、右側は切断面SF補正後を示している。即ち、補正前の切断面SFを、指定範囲 2β ($-\beta \sim +\beta$) 内を外側に $+dx$ ずつ、また内側に $-dx$ ずつ移動させて、3次元離形モデル1の要素と交差チェックを行い(ステップ720)、そして、切断否の要素が一番少ない切断位置を前回と比較しながら記憶し(ステップ721)、これらを指定範囲内で行い切断否の要素が一番少ない最適な切断位置を求め(ステップ722)。その最適な切断位置、即ち切断面SFから $\pm n \cdot dx$ 離れた位置の切断面SF'を新しい切断面SFとする(ステップ723)。

【0104】例えば、図中に示すような要素の配置の場合は、補正後の図に示すように $-n \cdot dx$ の位置が切断面SF'と要素が全く交差しないので選択される。ここで、指定範囲とは変形操作時に許される切断面の移動範囲を示し、固定数値であっても可変数値であってもよい。可変の場合は変形条件と一緒に入力する。例えば、指定範囲を $-1000 \sim +1000$ とした場合は、 dx は10とか20の値を用いる。

【0105】以上で説明した実施形態3を用いることにより、一括変形の「縮小」及び「引き伸ばし」操作時に、最小限のモデルの切断で実現でき、しかも実施形態1と同様の効果が期待できる。また、この方法を応用し dx を細かく設定すれば、モデル切断時に余計な処理を必要とする接触交差を省くことができるので、処理を簡素化できる。

【0106】[実施形態4]次に本発明の第4の実施形態を図2、図5、図15、図28により説明する。図5は、本発明の一実施形態の3次元モデル変形操作装置の機能ブロック図を示し、図28はその機能ブロック図のモデル矛盾チェック機能11の処理フローを示す。

【0107】本実施形態は、図5の機能ブロックに示すように、前記した実施形態1の図2の機能ブロックの変形操作部4の変形操作機能7の後に、対象モデルが配管ラインの場合は、切断処理後配管サポート点の間隔をチェックし、指定した範囲より間隔が狭い又は間隔が広すぎる部分を自動的に抽出し、それを出力装置20に表示するモデル矛盾チェック機能11を設けた3次元モデル変形操作を実現するものであり、具体的には、実施形態1の図15に示した変形操作部の処理フローのステップ105の判定処理でYes即ち変形操作が全要素に対して終了した後で実行される。以下、実施形態4の固有の機能について図28の処理フローを用いて説明するが、説明の無い処理は実施形態1と同様である。

【0108】本処理は、図5に示す3次元変形モデル8を入力とし、要素タイプがNODE即ち配管類に対して実行される。その3次元変形モデル8の一例を図12に示している。ここで、前にも述べたが、NODEは説明を簡単にするために基準座標V0と相対座標 $v1, v2, \dots$ のみの情報でモデル化されているが、実際にはそれ以外の項目として、管寸法や、材質や、設計条件や、型式や、ノードタイプ(端点、ベンド、サポート点)などで構成される。その内ノードタイプは前記したNODE座標の属性として関連つけられる。

【0109】例えば、配管Cの場合は、基準座標V0(500, 0, 0)のノードタイプは端点、 $v1$ (3000, 0, 0)のノードタイプはベンド、 $v2, v3$ も同様に関連付けられる。本例の場合はサポート点は省略されているが、例えば、配管Cの場合にV0と $v1$ の中間点 $v0-1$ にサポート点があったとすれば、V0(500, 0, 0):端点、 $v0-1$ (2000, 0, 0):サポート点、 $v1$ (3000, 0, 0):ベンド、...となる。なお、 $v0-1$ のNODE座標は単にサポート点のみを指示するだけであり、直管上の点にすぎない。本実施形態はそのサポート点を用いて行うものであり、その処理内容を図28の処理フローで説明する。

【0110】即ち、前記したサポート点の間隔が許容値($1s \pm \alpha$)以内かどうか判定し行う。具体的には、 $1s - \alpha < \text{サポート間隔} < 1s + \alpha$ 、で判定する(ステップ740)。ここでサポート間隔はステップ741, 742に示す a, b, c, d, bc, b' を示す。例えば(1)縮小操作の場合は、切断面SFから変形量分カット(着色範囲)されるので b と c の間にあるサポート点が削除され、図下に示すようにサポート点が2つになりサポート間隔が a, bc, d となるので(ステップ741)、その a, bc, d に対して前記したステップ7

40の処理を行う。(2)引き伸ばし操作の場合も同様に、a、b'、c、dに対して前記したステップ740の処理を行う。ここで、例えば、サポート間隔bcとb'が許容値より広い場合は、出力装置20に警告表示としてbc又はb'の配管の範囲のみ色を変えて表示する(ステップ743)。これらの処理を全配管について行う(ステップ744)。

【0111】以上で説明した実施形態4を用いることにより、配管ラインに対しては、自動的に配管サポート点の間隔をチェックしてモデルの矛盾箇所を抽出し、それを出力装置20に表示してくれるので、設計者はそのモデルの矛盾点の修正を容易に行うことができ、しかも実施形態1と同様の効果が期待できる。

【0112】[実施形態5]次に本発明の第5の実施形態を図2、図5、図15、図29により説明する。図5は本発明の一実施形態の3次元モデル変形操作装置の機能ブロック図を示し、図29はその機能ブロック図のモデル矛盾チェック機能11の処理フローを示す。

【0113】本実施形態は、図5の機能ブロックに示すように、前記した実施形態1の図2の機能ブロックの変形操作部4の変形操作機能7の後に、3次元変形モデル8の位相関係に矛盾が生じた部分(例えば1つの配管ラインが2つに分割され位相的なつながりが無くなった部分)を、出力装置20に表示するモデル矛盾チェック機能11を設けた3次元モデル変形操作を実現するものであり、具体的には、実施形態1の図15に示した変形操作部の処理フローのステップ105の判定処理でYes即ち変形操作が全要素に対して終了した後で実行される。以下、実施形態5の固有の機能について図29の処理フローを用いて説明するが、説明の無い処理は実施形態1と同様である。

【0114】まずはじめに本処理で対象とする3次元変形モデルについて説明する。例えば、図11に示す要素No. 006の配管Cが、図14に示す変形操作の切断面SF③の条件で縮小操作された場合は、図12の

(b)の切断面SF③の範囲に示す要素No. 100の配管C1と、要素No. 101の配管C2に分割される。そのときの派生要素No. は変形操作前の要素No. 即ち006が登録されている。

【0115】本処理では、その派生要素、即ち変形操作によってモデルに矛盾が生じた変形モデルの要素を見つけて(ステップ760)、それを出力装置20に警告表示するものである(ステップ761)。ここで派生要素とは、図12のテーブルの派生要素No. に元の要素No. が登録されている要素であり、全ての派生要素が対象となる。この処理は図12に示す全変形モデルに対して行う(ステップ762)。なお、前記処理では要素タイプをNODEに限定して説明しているが、BOXの場合も同様である。

【0116】以上で説明した実施形態5を用いることに

より、3次元変形モデル8の位相関係に矛盾が生じた要素を、出力装置20に表示してくれるので、設計者はそのモデルの矛盾点の修正を容易に行うことができ、しかも、実施形態1と同様の効果が期待できる。

【0117】[実施形態6]前記した実施形態1の方法と実施形態3～5の方法を複数組み合わせることで実現することにより、それぞれの実施形態の特有の効果が期待できるとともに、より一層の信頼性の高い3次元変形操作が供給できる。

【0118】[実施形態7]前記した実施形態2の方法と実施形態3～5の方法を1つ又は複数組み合わせることで実現することにより、それぞれの実施形態の特有の効果が期待できるとともに、より一層の信頼性の高い3次元変形操作装置が供給できる。

【0119】以上説明したように、本発明の実施形態について取り纏めると、次に示すような構成、機能並びに作用を奏するものを含むものである。

【0120】変形条件を一つ又は複数の基準面(切断面)と、変形方向及び変形種別(伸縮タイプ)で与え、さらに対象モデル中の要素と前記切断面との交差状態に応じて、前記要素に切断可否の制約条件を設け、切断否の場合、どの部分で切断可かを予め設定しておき、前記切断面内に切断否の要素がある場合、この要素のみに関し、切断可の面に変更することで3次元モデル変形操作を簡単な操作で実現できる。

【0121】また、切断面内に切断否の要素がある場合、この要素を切断面と交差しない位置に移動しつつ、切断処理を実行することで3次元モデル変形操作を簡単な操作で実現できる。

【0122】また、切断面の位置を指定範囲内で前後に動かし、切断否の要素が無くなるか又は最小限になるように修正し、切断処理を実行することで3次元モデル変形操作を簡単な操作で実現できる。

【0123】また、対象モデルが配管ラインの場合は、切断処理後配管サポート点の間隔をチェックし、指定した範囲より間隔が狭い又は間隔が広すぎる部分を自動的に抽出し、表示装置に表示することで3次元モデル変形操作を簡単な操作で実現できる。

【0124】また、切断処理実行後、位相関係に矛盾が生じた部分(例えば1つの配管ラインが2つに分割され位相的なつながりが無くなった部分)を、表示装置に表示することで3次元モデル変形操作を簡単な操作で実現できる。

【0125】次に、本発明の目的、構成並びに効果について、従来技術と対比して、その特徴を述べると次のようになる。

【0126】まず初めに、本発明と特開平8-44777号公報とを比較する。発明の目的に関して、本発明は、簡単な操作で3次元モデル全体の任意の箇所に引き伸ばしや、縮小操作を加えてモデル全体を一括に変形操

作することを目的としている。さらに、変形操作後のモデルの矛盾チェックとして配管ラインについてはサポート点間隔の適正チェックや、また縮小操作によって生じるモデルの矛盾即ち位相関係が元のモデルと異なる場合などのチェックを第2の目的としている。一方、特開平8-44777号公報は、3次元形状モデル間の干渉を判定し、干渉が有る場合に干渉形状のサイズ、干渉を回避するための変更値、或いは、変更可能範囲などの干渉形状の情報を表示する。その干渉形状の情報をを用いて、部品形状の変更や部品形状の移動を入力装置から指示し、干渉の回避を行うことを目的とする干渉チェック装置である。したがって、当該公知例がモデルの干渉回避を目的としているのに対して、本発明はモデルの変形操作を目的とするものである。

【0127】また、発明の構成に関しては、両者で用いている干渉判定処理そのものは公知である。即ち、本発明は平面（切断面）とモデル要素（形状部品）間で干渉判定を行うのに対して、当該公知例は形状部品間で干渉判定を行うものであり、両者で干渉判定の対象が異なるが処理そのものは同等である。ただしその干渉判定に用いる対象モデルは、本発明では予め切断可否の要素を交差状態に応じて指定して置くのに対して、当該公知例は対象モデルの全ての要素の組合せを対象とする点が異なる。

【0128】また、本発明の切断面と切断否の要素間で生じる切断面の変更方法と当該公知例の干渉回避方法に関しては、本発明では予め設定してある切断可の面に変更するのに対して、当該公知例は干渉形状のサイズ、干渉を回避するための変更値、或いは、変更可能範囲を出力装置に表示する機能を有しており、干渉が起きたら何らかの回避処理を行う点は同等と考えられるが、その回避処理そのものが異なる。

【0129】即ち、本発明は干渉チェックが目的でないので切断面を切断否の要素のみを避けられる位置を指定すればよく、変更後の位置が他の要素と再度干渉しても問題ないのに対して、当該公知例は干渉チェックを目的としているのでその回避方法は、他の要素と干渉しない位置の選定が前提条件となり、この点が本発明と異なる。また、本発明には変形操作後のモデルの矛盾をチェックするための機能を有しているが、当該公知例にはない。

【0130】発明の効果に関しては、両者ともCADシステムに係わるものであり設計時間の短縮を通じて製品コストの低減が期待できる。具体的には、本発明では新規にモデルを構築するときでなく、既存のモデルを用いて類似設計を行うときに特に効果を発揮するが、当該公知例はモデル構築時のレイアウト設計時や局所的なモデルの変更時に効果が期待できるものであり、効果の発生時期が異なる。

【0131】以上述べたように、本発明は、当該公知例

との比較において、目的、構成及び効果面で上述したような相違が存するものである。

【0132】次に、本発明と特開平4-90063号公報との比較を示す。発明の目的に関して、本発明は前述のような目的を有している。一方、特開平4-90063号公報は、2次元図形要素に奥行寸法の属性データを付加し、2.5次元モデルに変換した演算により両図形間の距離を求め、図形相互の干渉を調べることを目的とする2次元CADシステムにおける3次元的干渉チェック方法及びその装置である。したがって、本発明はモデルの変形操作を目的としているのに対して、当該公知例は2次元CADシステムにおける3次元的干渉チェックを目的としている。

【0133】発明の構成に関しては、本発明は前述したように平面（切断面）とモデル要素（形状部品）間で干渉判定を行うのに対して、当該公知例は前記公知例と同様に形状部品間で干渉判定を行うものであり、両者干渉判定の対象が異なるが処理そのものは同等である。ただしその干渉判定に用いる対象モデルは、本発明では予め切断可否の要素を交差状態に応じて指定して置くのに対して、当該公知例は対象モデルの全ての要素の組合せを対象とする点が異なる。また、本発明は切断面と切断否の要素間で生じる切断面の変更方法として干渉回避の機能を有しているが、当該公知例は干渉チェックの結果表示のみであり、干渉回避の機能は有していない。また、本発明には変形操作後のモデルの矛盾をチェックするための機能を有しているが当該公知例にはない。

【0134】発明の効果に関しては、両者ともCADシステムに係わるものであり設計時間の短縮を通じて製品コストの低減が期待できる。具体的には、本発明では新規にモデルを構築するときでなく、既存のモデルを用いて類似設計を行うときに特に効果を発揮するが、当該公知例は2次元図形で3次元的なレイアウト設計ができる効果が期待できるものであり、効果の発生時期が異なる。

【0135】以上述べたように、本発明は、当該公知例との比較において、目的、構成及び効果面で上述したような相違が存するものである。

【0136】次に、本発明と特開平5-298415号公報との比較を示す。発明の目的に関しては、本発明は前述したような目的を有している。一方、特開平5-298415号公報は、図形要素の集まりで構成される図形データの生成において、複数種の図形要素の連続的且つ互いに所望の位置関係に配置する手順の簡易化を図ることを目的とした図形処理方法及び装置である。したがって、本発明はモデルの変形操作を目的としているのに対して、当該公知例はモデル作成時の手順の簡易化を目的としている。

【0137】発明の構成に関しては、本発明はモデルを変形するための条件を入力する変形条件入力部と、モデ

ル変形対象の 3 次元雛型モデルと、交差状態に応じて要素の切断可否及び切断面の移動方法を設定した制約条件テーブルとを用いてモデル全体を一括に変形処理を行う変形操作部を有し、変形操作部により要素が切断否の場合は制約条件テーブルの切断面の移動方法に基づいて面を移動し切断処理を実行し変形操作をおこない、変形後のモデルを 3 次元変形モデルとするのに対して、当該公知例は図形データによる図形と図形要素の種類に応じたアイコンを記憶する図形データ記憶手段と、それを表示装置に表示する演算部を有し、座標入力装置からの指示により前記アイコンの選択と移動を指示する。そして、演算部によりアイコン移動先の表示する。そして、演算部によりアイコン移動先の表示図形、画面属性及び選択されたアイコンに対応する図形とを図形データ記憶手段及び画面属性記憶手段から検索し、さらにそれに基づき新たな図形要素を図形データ記憶手段に生成するものであり、構成及び作用が異なる。また、本発明には変形操作後のモデルの矛盾をチェックするための機能を有しているが、当該公知例にはない。

【0138】発明の効果に関しては、両者とも CAD システムに係わるものであり設計時間の短縮を通じて製品コストの低減が期待できる。具体的には、本発明では新規にモデルを構築するときでなく、既存モデルを用いて類似設計を行うときに特に効果を発揮するが、当該公知例はアイコンと図形要素を関連付けて図形データを形成するものであり、モデル構築時のレイアウト設計や局所的なモデルの変更などに対して個々のデータを指定する場合は効果が期待できるが、モデル全体を一括に扱う変更操作などには適さないことから、効果の発生時期が異なる。

【0139】以上述べたように、本発明は、当該公知例との比較において、目的、構成及び効果面で上述したような相違が存するものである。

【0140】

【発明の効果】本発明によれば、プラント設備等の 3 次元モデルに変形操作を加える際に、変形操作対象外の規格部品や購入機器などのモデル形状に影響を与えることなく、プラント設備としての整合性を保つことができ、信頼性の高い変形操作処理が可能となる。

【0141】また、変形操作の入力条件を、一つの平面と数個のパラメータで簡単に指定できることから、設計者の手間がほとんどかからずに複雑なプラント設備等の 3 次元モデルの変形操作が可能となるので、大幅な設計時間の短縮が図れる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施形態の 3 次元モデル変形操作装置の構成図である。

【図 2】本発明の実施形態 1 の 3 次元モデル変形操作装置の機能ブロック図である。

【図 3】本発明の実施形態 2 の 3 次元モデル変形操作装

置の機能ブロック図である。

【図 4】本発明の実施形態 3 の 3 次元モデル変形操作装置の機能ブロック図である。

【図 5】本発明の実施形態 4 の 3 次元モデル変形操作装置の機能ブロック図である。

【図 6】本発明の 3 次元モデル変形操作装置の変形条件と変形操作の一例を表す図である。

【図 7】切断面 S F と要素の交差関係を示す図である。

【図 8】本発明の実施形態で用いる 3 次元雛形モデルの鳥瞰図の一例を示す図である。

【図 9】図 8 の 3 次元雛形モデルの鳥瞰図の平面、側面図を示す図である。

【図 10】図 9 の 3 次元雛形モデルの平面、側面図のボックス表現を示す図である。

【図 11】本発明の実施形態で用いる 3 次元雛形モデルの一例を示すテーブル図である。

【図 12】本発明の実施形態で用いる 3 次元変形モデルの一例を示すテーブル図である。

【図 13】本発明となる制約条件の一例を示すテーブル図である。

【図 14】本発明の実施形態で用いる変形操作の一例を示す図である。

【図 15】本発明となる図 2 の機能ブロック図の変形操作部の処理フロー図である。

【図 16】本発明となる図 2 の機能ブロック図の交差チェック機能の処理フロー図である。

【図 17】本発明となる図 2 の機能ブロック図の切断面変更機能の処理フロー図である。

【図 18】本発明となる図 2 の機能ブロック図の変形操作機能の処理フロー図である。

【図 19】本発明となる図 2 の機能ブロック図の「縮小」操作の変形操作部の処理フロー図である。

【図 20】本発明となる図 2 の機能ブロック図の「縮小」操作の交差チェック機能の処理フロー図である。

【図 21】本発明となる図 2 の機能ブロック図「縮小」操作の変形操作機能の処理フロー図である。

【図 22】本発明となる図 21 のステップ 541 の処理フローを示す図である。

【図 23】本発明となる図 21 のステップ 542 の処理フローを示す図である。

【図 24】本発明となる図 20 のステップ 524 の処理内容を示すテーブル図である。

【図 25】本発明となる図 23 のステップ 600 の処理内容を示すテーブル図である。

【図 26】本発明となる図 3 の機能ブロック図の要素移動機能の処理フローを示す図である。

【図 27】本発明となる図 4 の機能ブロック図の切断面最適位置補正機能の処理内容及び処理フローを示す図である。

【図 28】本発明となる図 5 の機能ブロック図のモデル

矛盾チェック機能の処理フローを示す図である。

【図 29】本発明となる図 5 の機能ブロック図のモデル
矛盾チェック機能の処理フローを示す図である。

【符号の説明】

- 1 3次元雛形モデル
- 2 制約条件テーブル
- 3 変形条件入力部
- 4 変形操作部
- 5 交差チェック機能
- 6 切断面変更機能
- 7 変形操作機能
- 8 3次元変更モデル

9 要素移動機能

10 切断面最適位置補正機能

11 モデル矛盾チェック機能

12

20 出力装置

21 入力装置

22 マウス

23 キーボード

24 記憶装置

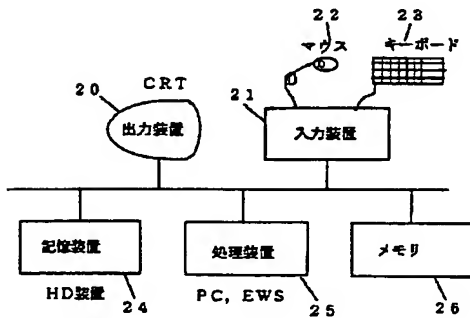
10 25 処理装置

26 メモリ

30 制約条件テーブル

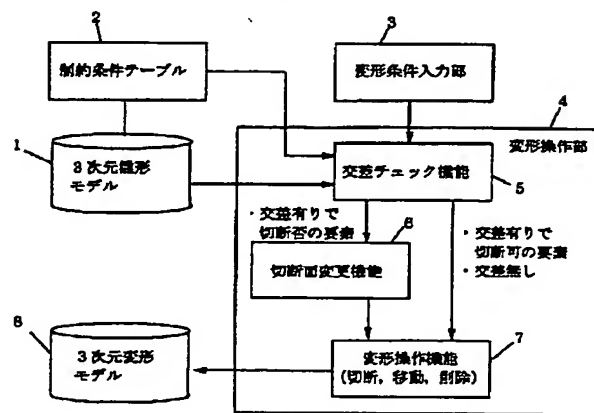
【図 1】

図 1



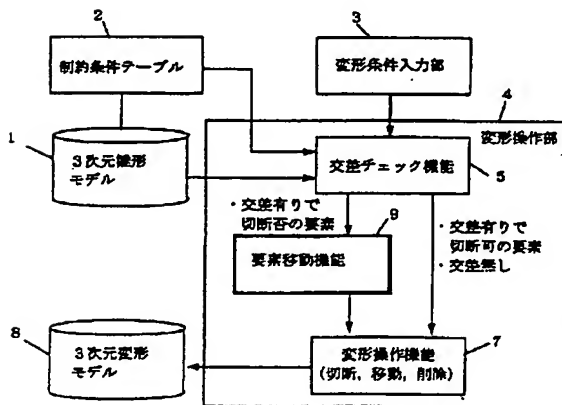
【図 2】

図 2



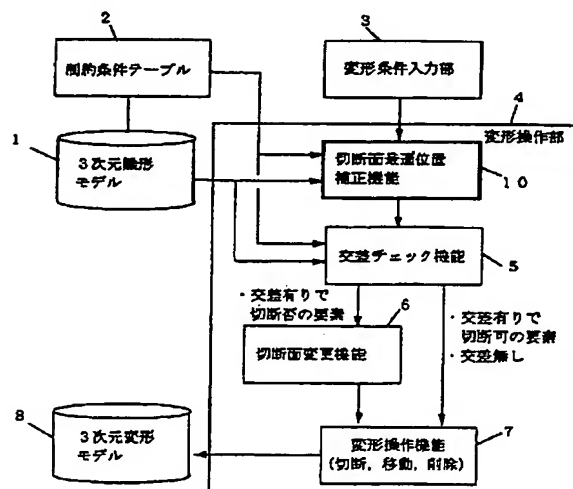
【図 3】

図 3

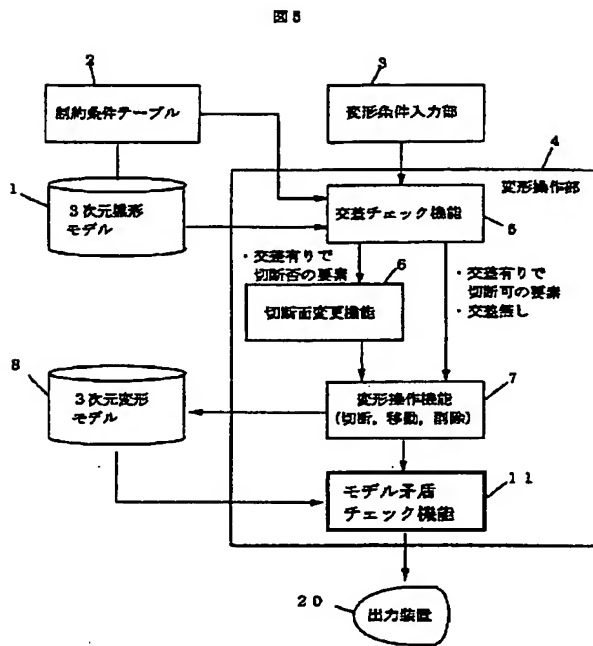


【図 4】

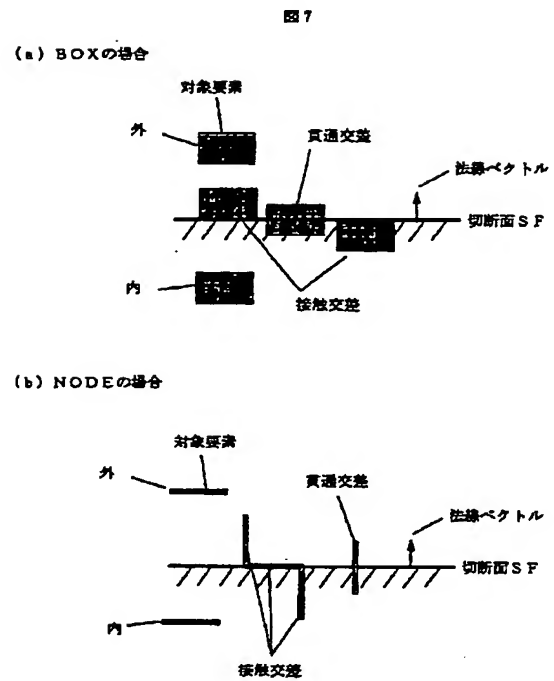
図 4



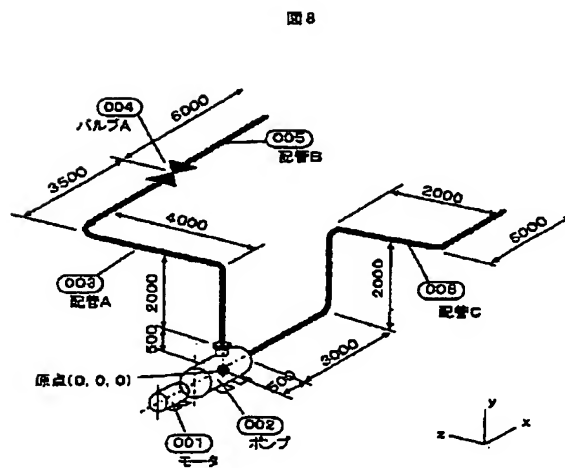
【図5】



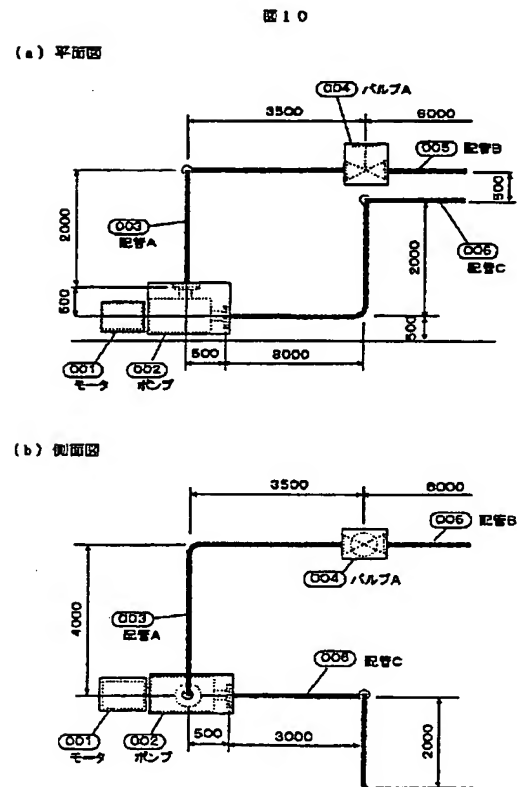
【図7】



【図8】



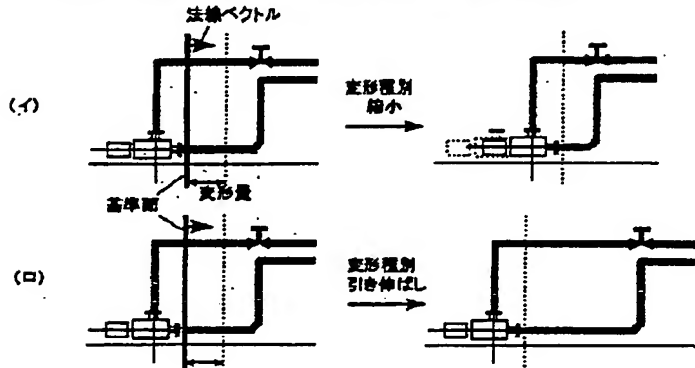
【図10】



【図6】

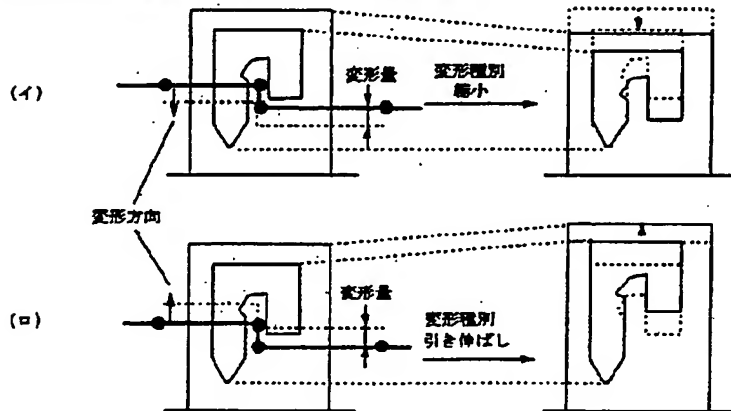
(a) 一括変形

一つの無限平面 SF (基準面=切断面) と、変形量及び変形種別での指定



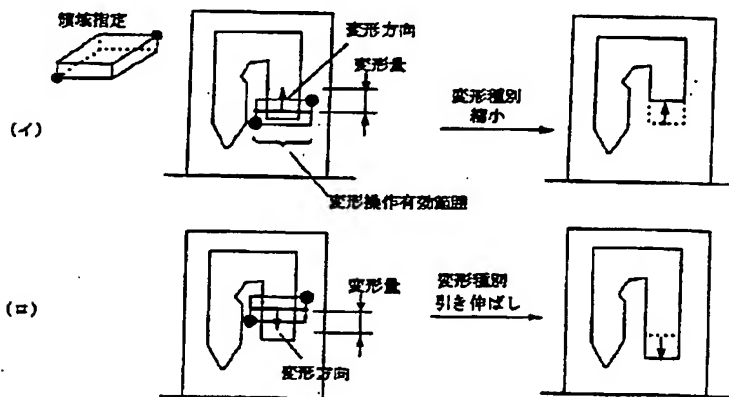
(b) 一括変形

複数平面 SF (切断面) と、変形量及び変形種別での指定



(c) 指定領域の変形

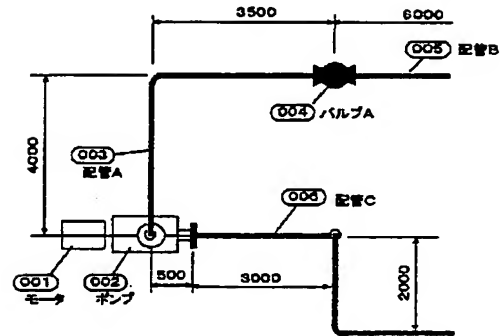
指定領域と、変形量及び変形種別での指定



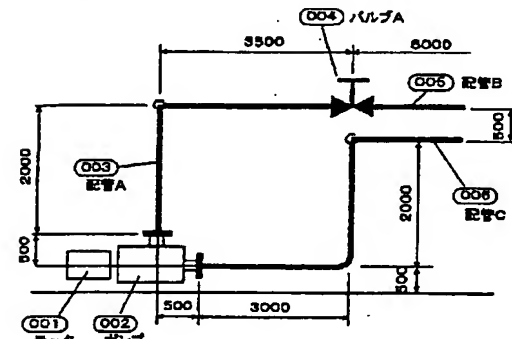
【図9】

図9

(a) 平面図

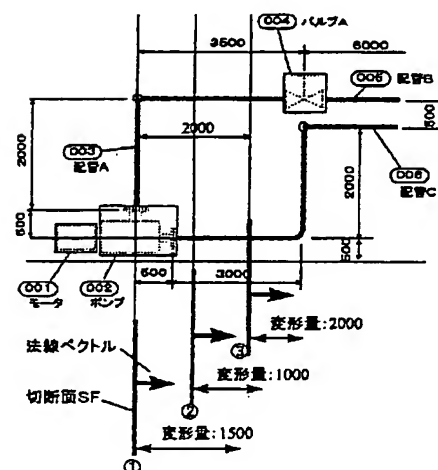


(b) 側面図



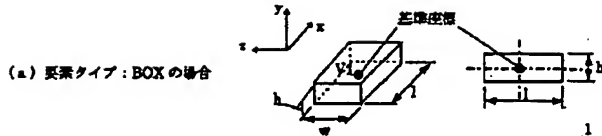
【図14】

図14



【図11】

図11



要素 No.	品 名	要素タイプ	基準座標 (V0)	BOX サイズ (l, b, h)	
001	モータ	BOX	(-1300, 0, 0)	(800, 500, 500)	
002	ポンプ	BOX	(0, 200, 0)	(1200, 1000, 700)	
003	配管 A	NODE	—	—	
004	バルブ A	BOX	(3500, 2700, 4000)	(600, 700, 500)	
005	配管 B	NODE	—	—	
006	配管 C	NODE	—	—	

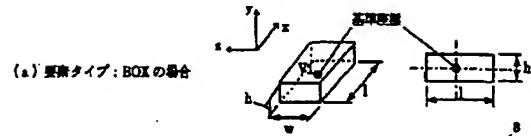
(b) 要素タイプ: NODE の場合



要素 No.	品 名	要素 タイプ	NODE座標列 (V0: 全体座標, v1 以降: vi-1 の相対座標)				
			基準座標 V0	v1	v2	v3	...vn
001	モータ	BOX	—	—	—	—	—
002	ポンプ	BOX	—	—	—	—	—
003	配管 A	NODE	(0,500,0)	(0,2000,0)	(0,0,4000)	(3500,0,0)	—
004	バルブ A	BOX	—	—	—	—	—
005	配管 B	NODE	(3500,2500,4000)	(6000,0,0)
006	配管 C	NODE	(500,0,0)	(2000,0,0)	(0,2000,0)	(0,0,-2000)	...

【図12】

図12



要素 No.	派生要素 No.	品 名	要素タイプ	基準座標 (V0)	BOX サイズ (l, b, h)	
001		モータ	BOX	(-1300, 0, 0)	(500, 500, 500)	
002		ポンプ	BOX	(0, 200, 0)	(1200, 1000, 700)	
003		配管 A	NODE	—	—	
004		バルブ A	BOX	(3500, 2700, 4000)	(600, 700, 500)	
005		配管 B	NODE	—	—	
006		配管 C	NODE	—	—	

(b) 要素タイプ: NODE の場合



要素 No.	派生要素 Na	品 名	要素 タイプ	NODE 座標列 (V0: 全体座標, v1 以降: vi-1 の相対座標)				
				基準座標 V0	v1	v2	v3	...vn
実断面 SF①	001	モータ	BOX	—	—	—	—	—
	002	ポンプ	BOX	—	—	—	—	—
	003	配管 A	NODE	(1500,500,0)	(0,2000,0)	(0,0,4000)	(2000,0,0)	—
	004	バルブ A	BOX	—	—	—	—	—
	005	配管 B	NODE	(3500,2500,4000)	(5000,0,0)
	006	配管 C	NODE	(2000,0,0)	(1500,0,0)	(0,2000,0)	(0,0,2000)	...
実断面 SF②	100	006	配管 C 1	NODE	(2500,0,0)	(1500,0,0)	—	—
	101	006	配管 C 2	NODE	(4000,2000,3000)	...		

【図13】

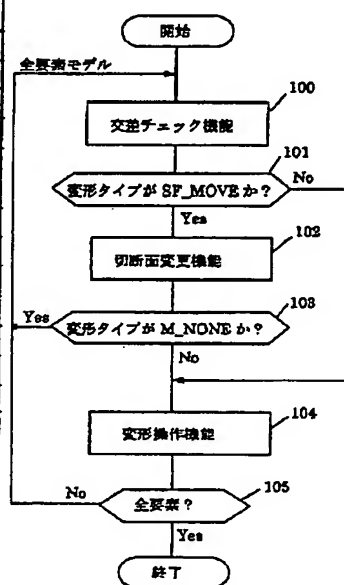
図13

○切断可 ×切断否

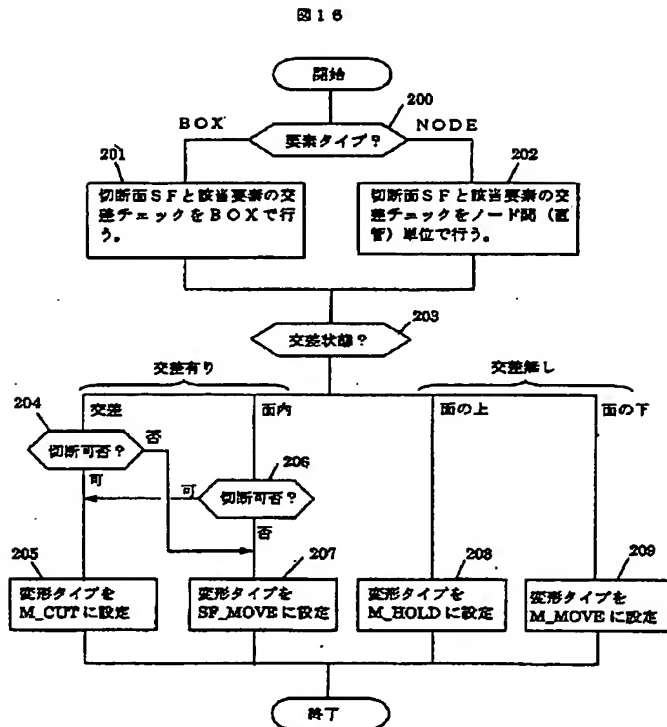
要素 No.	交差状態と切断可否		切断可否の場合の切断面の移動方法
	交差状態	切断可否	
001 (モータ)	貫通交差	×	ボックスサイド+αに移動
	接触交差	×	ボックスサイド+αに移動
002 (ポンプ)	貫通交差	×	ボックスサイド+αに移動
	接触交差	×	ボックスサイド+αに移動
003 (配管 A)	貫通交差	○	—
	接触交差	×	+α (変形方向) に移動
004 (バルブ A)	貫通交差	×	ボックスサイド+αに移動
	接触交差	×	ボックスサイド+αに移動
005 (配管 B)	貫通交差	○	—
	接触交差	×	+α (変形方向) に移動
006 (配管 C)	貫通交差	○	—
	接触交差	×	+α (変形方向) に移動

【図15】

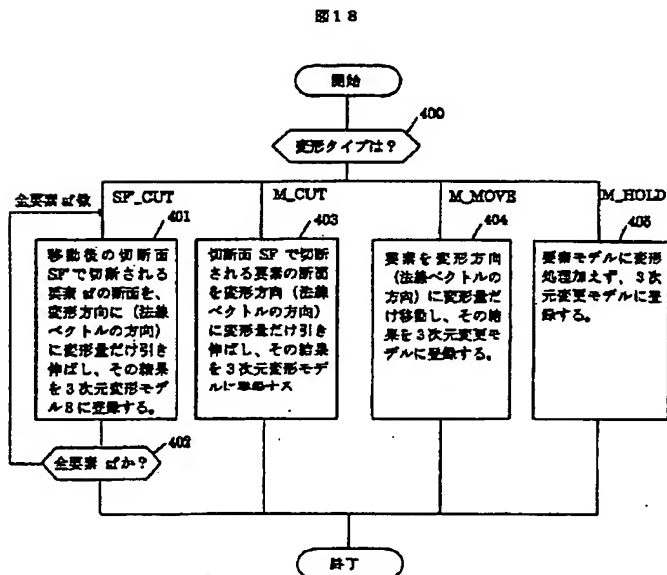
図15



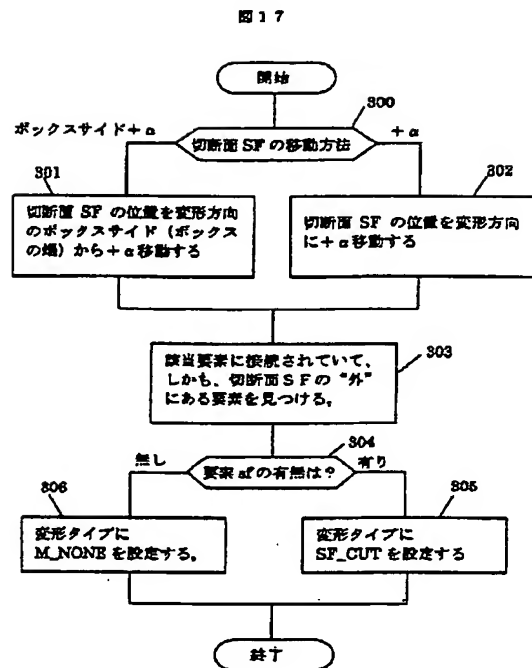
【図 16】



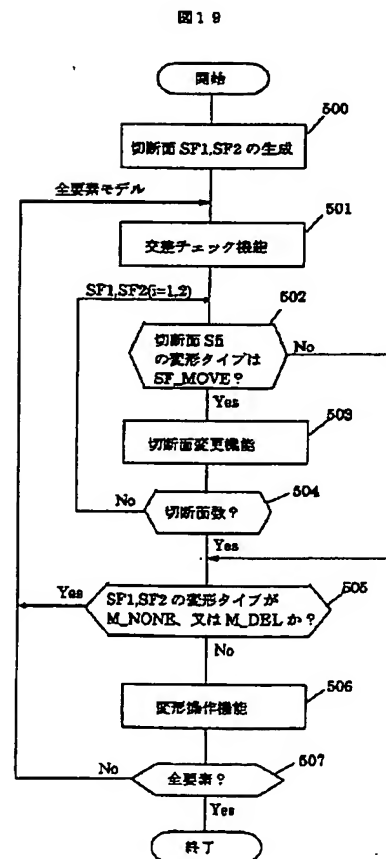
【図 18】



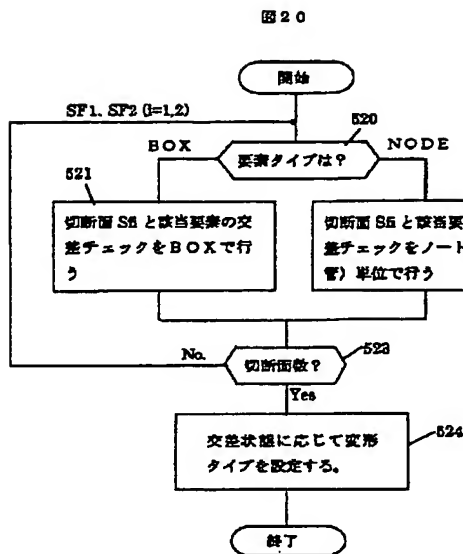
【図 17】



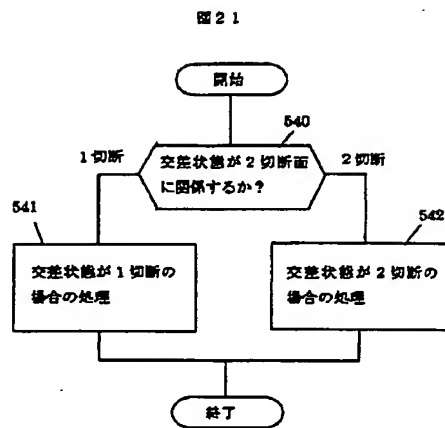
【図 19】



【図20】



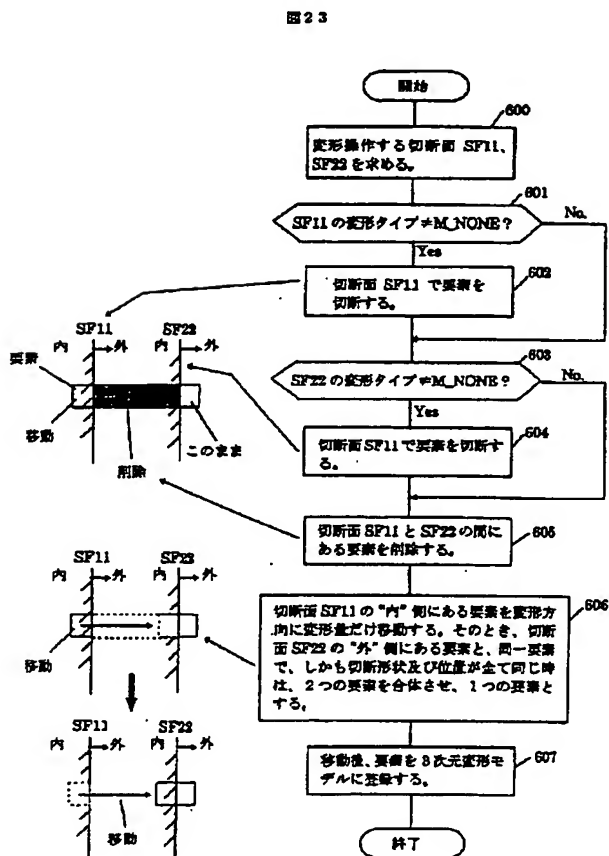
【図21】



【図24】

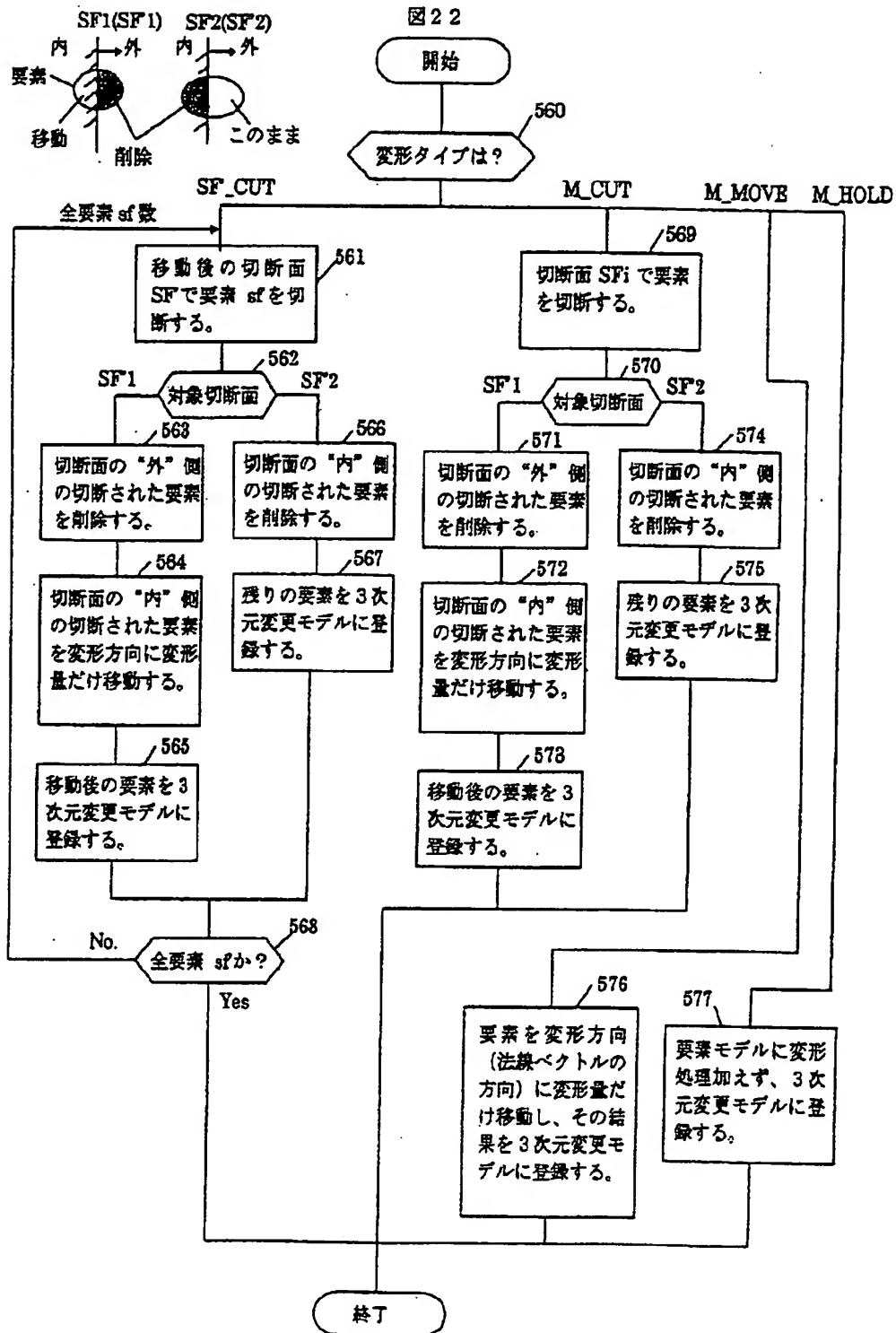
図24

【図23】



	交差パターン	2断面と要素の交差状態	要素タイプ	変形タイプ
1		SF1: 内 SF2: 内	BOX NODE	M_MOVE
2		SF1: 外 SF2: 内	BOX NODE	M_DEL
3		SF1: 外 SF2: 外	BOX NODE	M_HOLD
4		SF1: 真通交差 SF2: 内	BOX NODE	SF1-切断否: SF_MOVE -切断可: M_CUT
5		SF1: 外 SF2: 真通交差	BOX NODE	SF2-切断否: SF_MOVE -切断可: M_CUT
6		SF1: 接触交差 SF2: 内	BOX NODE	SF1-切断否: SF_MOVE -切断可: M_CUT
7		SF1: 外 SF2: 接触交差	BOX NODE	SF2-切断否: SF_MOVE -切断可: M_CUT
8		SF1: 真通交差 SF2: 真通交差	BOX NODE	M_DEL
9		SF1: 接触交差 SF2: 接触交差	BOX NODE	M_DEL
10		SF1: 真通交差 SF2: 接触交差	BOX NODE	SF1-切断否: SF_MOVE, 切断可: M_CUT SF2-切断否: SF_MOVE, 切断可: M_CUT
11		SF1: 接触交差 SF2: 真通交差	BOX NODE	SF1-切断否: SF_MOVE, 切断可: M_CUT SF2-切断否: SF_MOVE, 切断可: M_CUT

【図 22】



【图 2 6】

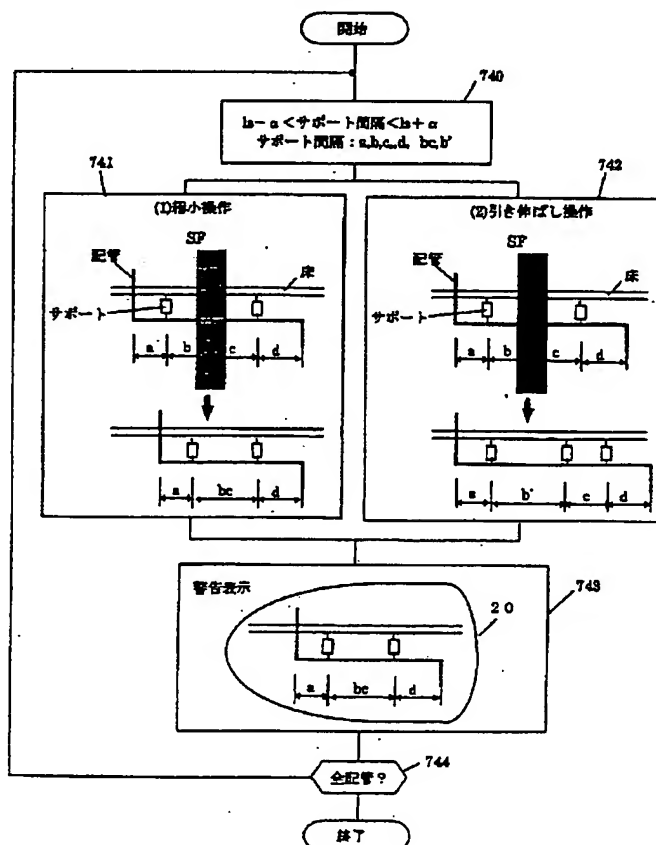
26

```

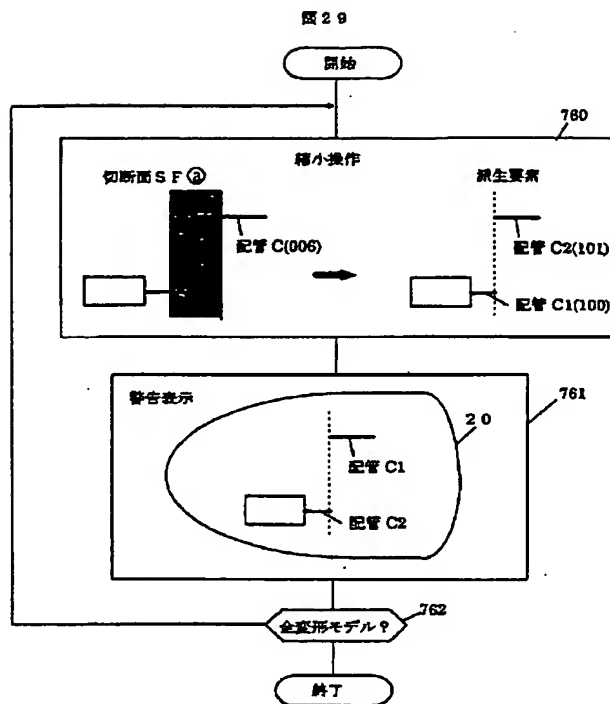
graph TD
    Start([開始]) --> BoxSide{ボックスサイド+a}
    BoxSide --> 701[701]
    BoxSide --> 702[702]
    
    subgraph 701_Box [701]
        direction LR
        701_Before["(移動前)  
SF  
内 ← 外"]
        701_After["(移動後)  
SF  
内 ← 外"]
        701_Before --> 701_After
    end
    
    subgraph 702_Box [702]
        direction LR
        702_Before["(移動前)  
SF  
内 ← 外"]
        702_After["(移動後)  
SF  
内 ← 外"]
        702_Before --> 702_After
    end
    
    701 --> SetMHold[変形タイプに  
M_HOLDを設定する。]
    702 --> SetMHold
    
    SetMHold --> End([終了])
  
```

【圖 28】

图 28



【図 29】



フロントページの続き

(72)発明者 只隈 祐輔
 広島県呉市宝町 6 番 9 号 パブコック日立
 株式会社呉工場内

(72)発明者 渡辺 博兆
 広島県呉市宝町 6 番 9 号 パブコック日立
 株式会社呉工場内
 Fターム(参考) 5B046 AA02 FA04 FA06 FA16 GA01

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.